



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA
HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Luis Pedro Boror Hernández

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA
HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS PEDRO BOROR HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha agosto de 2016.



Luis Pedro Boror Hernández



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 19 de abril de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **"DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA"** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Pedro Boror Hernández con registro académico 201213251 y CUI 2204 62682 0109, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 20 de febrero de 2018
Ref.EPS.DOC.194.02.18

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Pedro Boror Hernández, Registro Académico 201213251**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Luis Pedro Boror Hernández titulado **DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, agosto 2018
/mrrm.





Guatemala,
01 de agosto de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Pedro Boror Hernández, con Registro Estudiantil No. 201213251, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.





Guatemala, 02 de agosto de 2018
Ref.EPS.D.250.08.18

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Pedro Boror Hernández, Registro Académico 201213251 y CUI** , quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

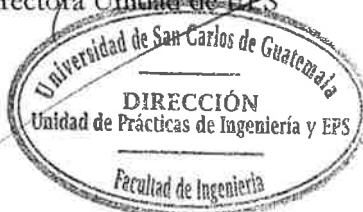
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





DTG. 312.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA ESCUELA PRIMARIA EN LA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA Y DE LA CALLE ADOQUINADA EN ALDEA CHILLANÍ, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Pedro Boror Hernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, agosto de 2018



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por su soberana e inmerecida gracia, que me permitió completar una meta más en mi vida.
Mis padres	Dolores Boror Saban. Gabina Hernández Vásquez. Con mucho amor y admiración por el esfuerzo y el apoyo incondicional que siempre me brindaron para la obtención de este logro.
Mis hermanos	Por su apoyo incondicional
Mis amigos	Por las experiencias a lo largo de los estudios que son inolvidables, por el apoyo y los momentos que compartimos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	La casa de estudios, donde adquirí importantes conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por ser la fuente del conocimiento adquirido durante los años que pasé dentro de sus aulas.
Toda mi familia	Por su aprecio y por el apoyo que siempre me han manifestado.
Ing. Oscar Argueta	Por brindarme su asesoría y apoyo incondicional.
Mis compañeros y amigos	Por compartir momentos inolvidables, forjando nuestra vida hacia el éxito.
Municipalidad de San Pedro Sac. Guatemala	Por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XV
GLOSARIO.....	XVII
RESUMEN.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Pedro Sacatepéquez.....	1
1.1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.1.2. Localización y ubicación.....	2
1.1.3. Extensión y colindancias.....	3
1.1.4. Condiciones geológicas.....	3
1.1.5. Aspectos socioeconómicos.....	4
1.1.6. Servicios y organizaciones.....	5
1.1.7. Industria.....	5
1.1.8. Población.....	6
1.1.9. Clima.....	6
2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	7
2.1. Escuela primaria colonia Bosques de Vista Hermosa San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.....	7
2.1.1. Descripción del proyecto.....	7
2.1.1.1. Estudio de suelos.....	7
2.1.1.1.1. Ensayo triaxial.....	8
2.1.1.2. Determinación del valor soporte.....	8
2.1.1.3. Diseño arquitectónico.....	11
2.1.1.4. Ubicación de la edificación.....	12

2.1.2.	Descripción del sistema a utilizar.....	13
2.1.2.1.	Descripción del sistema estructural de mampostería reforzada a utilizar.....	13
2.1.2.2.	Ventajas estructurales de la mampostería reforzada.....	14
2.1.2.3.	Elementos del sistema de mampostería reforzada.....	15
2.1.2.3.1.	Mampostería.....	15
2.1.2.3.2.	Mortero	17
2.1.2.3.3.	Amarres	18
2.1.2.3.4.	Acero de refuerzo	19
2.1.3.	Propiedades de los materiales.....	19
2.1.3.1.	Resistencia a compresión del mortero	20
2.1.3.2.	Resistencia a compresión de la mampostería.....	20
2.1.3.3.	Módulo de elasticidad de la mampostería.....	21
2.1.3.4.	Módulo de cortante de la mampostería.....	21
2.1.4.	Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES)	21
2.1.5.	Tipos de cargas que afectan a la estructura	34
2.1.5.1.	Cargas gravitacionales	34
2.1.5.1.1.	Carga viva	34
2.1.5.1.2.	Carga muerta.....	34
2.1.6.	Método de análisis estructural del edificio	35

2.1.6.1.	Generalidades del diseño de elementos en mampostería	35
2.1.6.2.	Análisis simplista	36
2.1.6.3.	Procedimiento de análisis	36
2.1.6.3.1.	Integración de cargas	37
2.1.7.	Cálculo de carga lateral	40
2.1.7.1.	Esfuerzo por sismos	40
2.1.7.1.1.	Distribución de la fuerza de sismo por piso	45
2.1.7.1.2.	Cálculo de momentos de volteo	45
2.1.8.	Solución por método simplista	46
2.1.8.1.	Localización del centro de masa de la edificación	49
2.1.8.2.	Localización del centro de rigidez	51
2.1.8.3.	Resultados parciales para el primer nivel	54
2.1.9.	Distribución de cargas y momentos en los muros ...	59
2.1.9.1.	Resultados del análisis de mampostería	60
2.1.10.	Esfuerzos admisibles	66
2.1.10.1.	Cálculo del máximo esfuerzo axial permitido	67
2.1.10.2.	Cálculo del esfuerzo de corte	69
2.1.10.3.	Cálculo del esfuerzo de tensión	70
2.1.11.	Diseño de los muros críticos	70
2.1.12.	Diseño de losas	85
2.1.12.1.	Balance de momentos	94

2.1.12.2.	Armado de losa.....	97
2.1.13.	Diseño de vigas	100
2.1.13.1.	Diseño de vigas en las aulas	100
2.1.13.1.1.	Confinamiento de vigas	103
2.1.13.2.	Diseño de gradas.....	106
2.1.14.	Diseño de cimientos	112
2.1.14.1.	Determinación del calor soporte	112
2.1.14.2.	Diseño de cimiento corrido	114
2.1.14.2.1.	Diseño del espesor del cimiento	115
2.1.14.2.2.	Área de acero requerido	116
2.1.14.3.	Diseño de zapatas	118
2.1.14.3.1.	Predimensionamiento de área de zapata.....	119
2.1.14.3.2.	Diseño del espesor de la zapata	120
2.1.14.3.3.	Corte simple	121
2.1.14.3.4.	Corte punzonante	123
2.1.14.3.5.	Diseño del refuerzo.....	125
2.1.15.	Instalaciones	128
2.1.15.1.	Instalaciones Hidráulicas	128
2.1.15.1.1.	Método de <i>Hunter</i>	128
2.1.15.2.	Drenajes	131
2.1.15.3.	Electricidad	133
2.1.16.	Presupuesto	136
2.2.	Calle adoquinada en aldea Chillani	139

2.2.1.	Elementos que constituyen el pavimento con adoquín.....	139
2.2.1.1.	Subrasante.....	139
2.2.1.2.	Sub base.....	139
2.2.1.3.	Base.....	140
2.2.1.4.	Capa de asiento	141
2.2.1.5.	Carpeta de rodadura	141
2.2.1.6.	Llave de confinamiento	142
2.2.1.7.	Bordillo	143
2.2.1.8.	Pendiente o bombeo lateral.....	143
2.2.2.	Topografía preliminar	143
2.2.2.1.	Planimetría.....	143
2.2.2.2.	Altimetría.....	144
	2.2.2.2.1. Secciones transversales.....	144
2.2.3.	Ensayo de suelos.....	144
2.2.3.1.	Análisis de granulometría	145
2.2.3.2.	Límites de Atterberg	147
	2.2.3.2.1. Límite líquido.....	147
	2.2.3.2.2. Límite plástico	148
	2.2.3.2.3. Índice plástico	149
	2.2.3.2.4. Índice de grupo	149
2.2.3.3.	Proctor	150
2.2.3.4.	Relación California Bearing Ratio (C.B.R), (AASHTO T 193)	152
2.2.4.	Diseño geométrico	154
	2.2.4.1.1. Diseño Planimetrico	157
	2.2.4.1.2. Diseño de Localización	157

	2.2.4.1.3.	Tangentes y curvas horizontales	158
	2.2.4.1.4.	Curvas de transición ...	163
	2.2.4.1.5.	Peralte	164
	2.2.4.1.6.	Sobreancho	166
	2.2.4.2.	Diseño altimétrico	169
	2.2.4.2.1.	Diseño de subrasante .	169
	2.2.4.2.2.	Pendientes.....	170
	2.2.4.2.3.	Tangentes y curvas verticales	170
	2.2.4.2.4.	Correcciones.....	174
2.2.5.		Movimiento de tierras	174
	2.2.5.1.	Cálculo de áreas de las secciones transversales	175
	2.2.5.2.	Cálculo de los volúmenes de tierra	175
	2.2.5.3.	Cálculo de balance y diagrama de masas.....	178
2.2.6.		Diseño estructural.....	179
	2.2.6.1.	Análisis de tránsito.....	179
	2.2.6.2.	Capa de rodadura o superficie	180
	2.2.6.3.	Capa de asiento.....	180
	2.2.6.4.	Capa de base	181
	2.2.6.5.	Capa de sub-base	181
	2.2.6.6.	Espesor adicional por mal drenaje	184
	2.2.6.7.	Espesores de diseño	185
	2.2.6.8.	Características del adoquinamiento ...	187
	2.2.6.9.	Pendiente transversal	189
2.2.7.		Drenajes	189
	2.2.7.1.	Drenaje transversal.....	189

2.2.7.2.	Drenaje longitudinal.....	194
2.2.7.2.1.	Cunetas.....	194
2.2.8.	Presupuesto.....	196
2.2.9.	Evaluación de impacto ambiental.....	198
CONCLUSIONES		201
RECOMENDACIONES.....		203
BIBLIOGRAFÍA.....		205
ANEXOS		207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.....	3
2.	Extracción de muestra inalterada	8
3.	Planta amoblada primer nivel.....	11
4.	Planta amoblada segundo nivel	12
5.	Ubicación de la edificación	13
6.	Bloques huecos de concreto	16
7.	Detalles de amarres en muros	18
8.	Mapa de macrozonas sísmicas	24
9.	Muros estructurales primer nivel.	47
10.	Muros estructurales segundo nivel.....	47
11.	Planta dentro de masa y centro de rigidez primer nivel	56
12.	Planta dentro de masa y centro de rigidez segundo nivel	56
13.	Área tributaria	70
14.	Columna C-A	78
15.	Columna C-B	79
16.	Columna C-C	80
17.	Columna C-D	81
18.	Columna C-E	82
19.	Distribución de columnas primer nivel	83

20.	Distribución de columnas segundo nivel	83
21.	Solera intermedia, humedad	85
22.	Solera corona	85
23.	Planta de distribución de losas finales	87
24.	Planta de distribución de losas de entrepiso	90
25.	Detalle de armado final losa	99
26.	Área tributaria de viga	100
27.	Detalle de armado de viga	105
28.	Dimensión módulo de gradas.....	107
29.	Distribución de carga y momentos módulo de gradas	108
30.	Detalle típico módulo de gradas	111
31.	Detalle de cimiento corrido	118
32.	Corte simple en zapata	122
33.	Corte punzonante en zapata	123
34.	Detalle de armado zapata	127
35.	Sección de zapata	127
36.	Porcentaje de espaciamiento de llaves vrs. pendiente	142
37.	Elementos de curva circular simple	159
38.	Elementos de curva Vertical.....	171
39.	Tipos de secciones transversales	175
40.	Representación geométrica para cálculo de volúmenes ...	176
41.	Cálculo analítico de la distancia de paso.....	177
42.	Diagrama de masas.	178

43.	Espesor de pavimento según CBR	183
44.	Espesor de pavimento según índice de grupo.....	183
45.	Área de micro cuenca tributaria	191
46.	Área de mayor influencia.....	192
47.	Predimensionamiento de la cuneta	195
48.	Presupuesto calle adoquinada	197

TABLAS

I.	Dimensiones principales de bloques de concreto	16
II.	Tipos de morteros	18
III.	Clasificación de varillas de acero	19
IV.	Dosificación de morteros	20
V.	Aceleraciones efectivas para sismo básico	23
VI.	Clasificación de estructuras por tipos.....	27
VII.	Redundancia estructural	28
VIII.	Acero de refuerzo mínimo para soleras	32
IX.	Clasificación de tipo de suelo.....	41
X.	Resumen de análisis sísmico.....	42
XI.	Distribución de fuerza por piso.....	45
XII.	Momentos de volteo	46
XIII.	Distribución de muros estructurales primer nivel en el sentido x, y.....	48
XIV.	Distribución de muros estructurales segundo nivel en el sentido x, y	48

xv.	Centro de masa sentido “X” primer nivel	49
xvi.	Centro de masa sentido “Y” primer nivel	50
xvii.	Centro de masa sentido “X” segundo nivel	50
xviii.	Centro de masa sentido “Y” segundo nivel	51
xix.	Centro de rigidez primer nivel	53
xx.	Centro de rigidez segundo nivel	54
xxi.	Resultados parciales	55
xxii.	Resultado de análisis para el primer nivel sentido X.....	61
xxiii.	Resultado de análisis para el primer nivel sentido Y.....	62
xxiv.	Resultado de análisis para el segundo nivel sentido X	63
xxv.	Resultado de análisis para el segundo nivel sentido Y	64
xxvi.	Tabla resumen de fuerzas aplicadas del primer nivel	65
xxvii.	Tabla resumen de fuerzas aplicadas del segundo nivel.....	66
xxviii.	Áreas de acero para muros del primer nivel	76
xxix.	Áreas de acero para muros del segundo nivel.....	77
xxx.	Balance de momentos en losa	96
xxxi.	Balance de momentos nivel.....	96
xxxii.	Unidades de gasto	129
xxxiii.	Gastos probables, método de Hunter	130
xxxiv.	Circuitos de Iluminación, primer nivel	134
xxxv.	Circuitos de Iluminación, segundo nivel.....	135
xxxvi.	Circuitos de fuerza, primer nivel	136
xxxvii.	Circuitos de fuerza, segundo nivel.....	136
xxxviii.	Presupuesto edificación	137

xxxix.	Clasificación de material según sus partículas	146
xl.	Clasificación de material según su CBR	153
xli.	Clasificación y características de las carreteras	156
xlII.	Peralte y longitud de espiral recomendados	165
xlIII.	Resumen de diseño geométrico horizontal	166
xlIV.	Valores para K para curvas cóncavas y convexas	172
xlV.	Resumen de diseño de curvas verticales	173
xlVI.	Cargas de diseño para adoquinamiento.....	179
xlVII.	Espesores mínimos recomendados	180
xlVIII.	Requisitos para la capa base	181
xlIX.	Factor de incremento por mal drenaje.....	184
l.	Espesores de diseño.	186
lI.	Resultados finales	187
lII.	Proporciones de mezcla para concreto	187
lIII.	Apisonado de adoquín	188
lIV.	Valor de escorrentía	194
lV.	Matriz de Leopold de impacto ambiental para pavimento .	199

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
A_s	Área de acero de refuerzo
A_{Stemp}	Área de acero por temperatura
A_v	Área de varilla
A_g	Área gruesa, área total de la sección
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería estructural y Sísmica
A_z	Área zapata
CM	Carga muerta
CU	Carga última
P_u	Carga última
CV	Carga viva
CM	Cuerda máxima
cm	Centímetro
C	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas
V_{MÁX}	Corte máximo actuante
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
e	Excentricidad
E	External
F_{cu}	Factor de carga última
F_{ni}	Fuerza por nivel, en el nivel i
G	Grado de curvatura
km	Kilómetro

Lb	Libras
Lc	Longitud de curva
L_o	Longitud de confinamiento de estribos
δ	Magnificador de momentos
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
ml	Metro lineal
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
E_M	Módulo de elasticidad de la mampostería
M	Momento
M_b	Momento balanceado
M_d	Momento de diseño (magnificado)
M_{CM}	Momento inducido por la carga muerta
M_{CV}	Momento inducido por la carga viva
M_S	Momento inducido por la fuerza sísmica
M₍₋₎	Momento negativo
M₍₊₎	Momento positivo
M_x	Momento último actuando en el sentido x
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
OM	Ordenada Media
d	Peralte efectivo del elemento en sección, distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión.
q	Presión sobre el suelo
q_u	Presión última sobre el suelo
R	Radio
St	Subtangente
m	Relación entre los claros de la losa a/b

GLOSARIO

Acero mínimo

Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, establecidos por normas tales como AGIES y ACI 318.

Adoquines

Bloques de concretos fabricados en moldes, que en su conjunto forman parte de la capa de rodadura de un pavimento.

Apisonado

Sistema de compactación que consiste en hacer pasar un rodillo sobre la masa del terreno cuyos vacíos se requiere suprimir.

Bases de diseño

Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo con el tipo de proyecto.

Bordillos

Estructuras de concreto que sobresalen de la pista y sirven para dar alineamiento a las calles y banquetas.

Carga muerta

Peso constante, soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el

propio, de las cuales incluye el mobiliario fijo.

Carga viva

Peso variable dado por el uso de la estructura, muebles, maquinaria móvil, etcétera, soportado por el elemento.

Carpeta de Rodadura

Capa superficial que soporta directamente las cargas de la rodadura de vehículos y sirve de protección a las estructuras subyacentes, y hace adecuada y durable la superficie al tránsito en todo el tiempo.

Cimiento corrido

Estructura que sirve de apoyo para muros, transmite estas cargas al suelo que lo soporta.

Columna

Elemento estructural capaz de resistir carga axial de compresión y flexión inducido por los momentos actuantes en ella, que tiene una altura de por lo menos tres veces su menor dimensión lateral.

Compactación

Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soportar cargas.

Cota de terreno

Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.

Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo con las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
Excentricidad	Se produce cuando el centro de masa no coincide con el centro de gravedad, produciendo de esta manera esfuerzos adicionales por torsión, lo que genera mayores esfuerzos inducidos a los elementos estructurales.
Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, luego de la aplicación de carga.
Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa. De las cuales a mayor esfuerzo inducido mayor será el momento generado.
Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.

Solera

Elemento estructural horizontal, que sirve para darle mayor resistencia a un muro, se utiliza para confinar los muros y así resistir los esfuerzos inducidos por un sismo.

Valor soporte

Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área, está en función de las propiedades de los suelos, generalmente se le aplica un factor de seguridad.

Zapata

Estructura que recibe todas las cargas inducidas por la estructura cuya función es, transmitir la carga al subsuelo a una presión de acuerdo con las propiedades del suelo.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) pretende ayudar a los municipios y comunidades de distintos sectores del país, realizando mediante prácticas académicas la aplicación adecuada de conocimientos generales y específicos de la Ingeniería Civil. El objetivo es fortalecer la formación profesional del estudiante egresado de la Universidad de San Carlos.

Por ello, se realiza este informe en la cual en el capítulo uno se presenta la investigación de carácter monográfico del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, donde se describen sus antecedentes históricos, extensión y colindancias, población, condiciones climáticas, aspectos socioeconómicos, industria, entre otros. En el capítulo dos se describe el servicio técnico profesional que incluye el diseño de una escuela que cubre un área de construcción de 424 metros cuadrados para beneficiar a una población 1 500 habitantes y el de una calle adoquinada, con una longitud de 4 360 metros lineales correspondientes a un área 21 800 metros cuadrados de adoquinamiento. Los diseños se basarán en las metodologías establecidas por la AASHTO para el diseño de las calles y el uso de códigos ACI, AGIES y otros que sean pertinentes a los diseños de forma correspondiente.

OBJETIVOS

General

Diseñar la escuela primaria de la colonia Bosques de Vista Hermosa y de la calle adoquinada en aldea Chillani, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

Específicos

1. Diseñar la escuela de la colonia Bosques de Vista Hermosa con base en normas AGIES, ACI de la Republica de Guatemala.
2. Diseñar el pavimento de la calle hacia la Aldea de Chillani según las normas establecidas por la AASHTO y la Dirección General de Caminos.
3. Elaborar planos, presupuesto, cronogramas y evaluación ambiental de ambo proyectos.
4. Elaborar una investigación de carácter monográfico y diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructuras de los lugares mencionados.

INTRODUCCIÓN

El municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala enfrenta dificultades para brindar servicios básicos a las comunidades. Estas carencias están relacionadas con la falta de infraestructura y carreteras que respondan al crecimiento poblacional, por lo cual se plantean los diseños de una escuela ubicada en la colonia Bosques de Vista Hermosa y tramos de adoquinamiento ubicados en la aldea Chillani.

El trabajo de campo e investigación evidencian que entre las deficiencias que en la escuela de la colonia Bosques de Vista Hermosa enfrenta es la carencia de infraestructura que cubra la demanda de educación de la población. Por ello, se planteará el primer proyecto que constará del diseño de un edificio escolar de dos niveles.

El segundo proyecto se propone para solucionar el problema del acceso a la zona debido al deterioro de la calle. Esto impide un tránsito vial ágil en el sector. Por ello se implementará el diseño de la calle utilizando un pavimento tipo adoquín, que cumpla con todos los requerimientos y parámetros establecidos para cubrir las necesidades de la comunidad.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Pedro Sacatepéquez

1.1.1. Antecedentes históricos

El Municipio de San Pedro Sacatepéquez del Departamento de Guatemala, se ha destacado por los resultados en las diversas costumbres, tradiciones provenientes desde sus antepasados precolombinos. Las tropas que comandaba Antonio de Salazar conquistaron este pueblo en 1525. Con el pasar del tiempo los nativos de esta región lograron su libertad y dominaron la zona.

En los últimos años, San Pedro Sacatepéquez se ha caracterizado por el asentamiento de industrias maquiladoras que han generado la mayor cantidad y diversidad de fuentes de trabajo para la comunidad y los vecinos.

La cabecera municipal está dividida en las siguientes zonas:

Zona uno, Morazán

Zona dos, San José

Zona tres, Ermita

Zona cuatro, Barrios.

Actualmente, cuenta con la zona cinco que, anteriormente, era un caserío de la aldea Buena Vista.

El municipio tiene tres aldeas:

Buena vista

Vista Hermosa

Chillaní

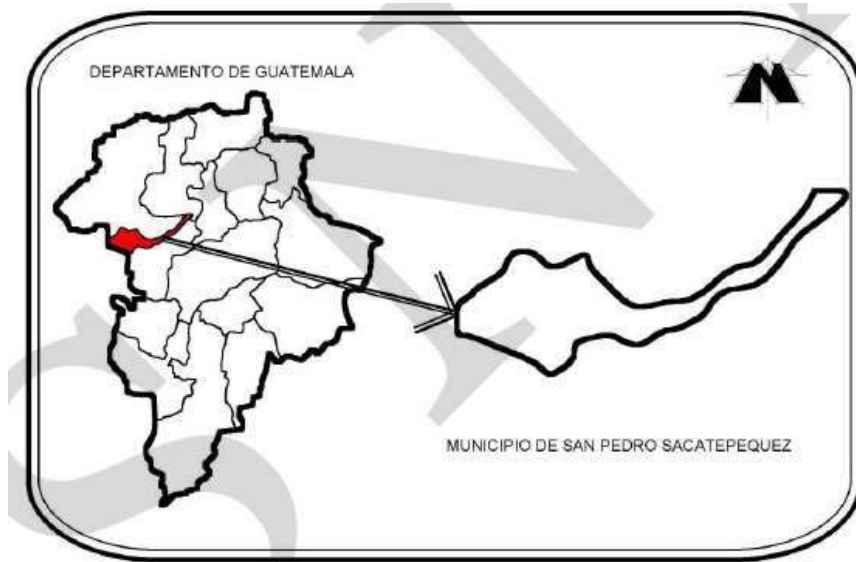
Y cada una de estas aldeas cuenta con sus caseríos y cantones.

1.1.2. Localización y ubicación

Se localiza entre las coordenadas geográficas: latitud 14 41' 06" N, longitud 90 38' 32". Su extensión territorial es de 48 kilómetros cuadrados. Se encuentra aproximadamente a 25 km de la ciudad de Guatemala, siguiendo la calzada San Juan, hacia el occidente.

El municipio de San Pedro Sacatepéquez se ubica en la parte noroccidental del departamento de Guatemala, en la Región I o región metropolitana, dentro de una cuenca hidrográfica del río Motagua, con una elevación de 2,100 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Ubicación del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala**



Fuente: Archivo municipalidad de San Pedro Sac.

1.1.3. Extensión y colindancias

El municipio de San Pedro Sacatepéquez tiene una extensión de alrededor de 48,00 kilómetros cuadrados, y está integrado por 1 pueblo, 3 aldeas y 10 caseríos, limita al norte con San Juan Sacatepéquez y San Raymundo, Guatemala, al este con Chinautla, Guatemala, al sur con Mixco, Guatemala, y al oeste con Santo Domingo Xenacoj y Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez

1.1.4. Condiciones geológicas

La república de Guatemala se encuentra situada en dos de las zonas de mayor intensidad sísmica del área del caribe, sobre la superficie de la república de Guatemala se da una triple unión de placas siendo estas: la placa de Cocos,

la placa del Caribe y la de Norteamérica; cada una con diferentes direcciones de empuje.

Se tiene como hipótesis casi comprobada que esta triple unión se da donde se pierde de vista la falla del Motagua en el departamento de Chimaltenango, específicamente en el pueblo de Pasaj, por esto se manifiesta mucha actividad sísmica en el área

Los materiales que predominan en el municipio de San Pedro Sacatepéquez Guatemala es la piedra pómez y la roca. La mayoría de las aldeas y caseríos del municipio de San Pedro Sacatepéquez y zonas del casco urbano, se encuentran sobre conformaciones de pómez. Estos materiales poco coherentes, muy suaves y con demasiado asentamiento soportan muy poca carga y no soportan aceleraciones muy grandes.

Sin embargo, se encuentran zonas donde el suelo es prácticamente conformación de roca, lo que lo hace estable y resistente para cimentar edificaciones.

1.1.5. Aspectos socioeconómicos

El municipio se caracteriza por su actividad económica activa, ya que las personas se dedican a diferentes tipos de actividades para generar ingresos en su familia. Entre estas actividades figura: la siembra de hortalizas, flores, elaboración de candelas y veladoras. Estos productos son vendidos en el mercado local y algunas otras en la ciudad capital.

1.1.6. Servicios y organizaciones

La estructura de San Pedro Sacatepéquez ha cambiado. Las calles están pavimentadas, hay más construcciones y cuenta con instituciones para el servicio y uso de los habitantes, entre las cuales están:

- Parque
- El mercado municipal
- Municipalidad
- Salón municipal
- Polideportivo
- Campo de fútbol
- Estadio de fútbol
- Centro de salud
- Bomberos municipales
- Clínicas privadas
- Estación de policía Nacional Civil
- Juzgado de paz
- Biblioteca.

1.1.7. Industria

Predomina la industria textil. Esta palabra deriva del adjetivo textiles, del verbo latín texere (tejer), se aplica a cualquier clase de tejido o cualquier fibra susceptible de tejerse, así como a los géneros de punto de fieltro.

La industria textil comprende desde la obtención de diferentes tipos de fibras textiles industriales hasta la confección de diversas prendas. En la comunidad se confeccionan diferentes tipos de prendas tales como camisas,

playeras, pantalones, todo lo que pueda producirse o ser transformado con cualquier tejido o fibra apto para cocer en máquinas industriales.

1.1.8. Población

La densidad poblacional es de alta ya que cuenta con 1 335 habitantes por kilómetro cuadrado. La mayoría de las personas se concentra en la microrregión por su cercanía al municipio de Mixco y Guatemala.

El grupo étnico kaqchiquel predomina en esta región por lo cual se cuenta entre los cuatro municipios del departamento de Guatemala con la mayor población indígena.

1.1.9. Clima

En san pedro Sacatepéquez se encuentra una gran variedad de climas dada la topografía del área, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

Templado, con temperaturas de los 14,9 grados C a los 18,7 grados C, en las alturas comprendidas entre los 1,400 y los 1,900 metros sobre el nivel del mar. Semifrío, con temperaturas de los 11,8 grados C a los 14 grados C, en alturas comprendidas entre los 1 900 y los 2 300 metros sobre el nivel del mar y el frío, con temperaturas de los 6 grados C a los 11,8 grados C, en alturas comprendidas entre los 2 300 y 2 700 metros sobre el nivel del mar.

La temperatura promedio prevaleciente en el área de influencia de San Pedro Sacatepéquez fue determinada por un promedio de máximas y mínimas, a través de los años en las diversas estaciones existentes de donde se obtiene que esta oscila entre los 18 y 22 grados C.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Escuela primaria colonia Bosques de Vista Hermosa San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la ampliación de la escuela primaria de la colonia Bosques de Vista Hermosa, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, la cual consiste en un edificio escolar de dos niveles, que vendrá a beneficiar a la población estudiantil que actualmente carecen de instalaciones, por lo que se requiere la implementación de dicho proyecto y así cubrir el déficit de espacios.

El proyecto tendrá una vida útil de 20 años, este nuevo módulo será de 2 niveles y contemplará: 3 aulas y un módulo de servicios sanitarios en la planta baja y 4 aulas en la planta alta, con dimensiones de 5,50 * 7,00 metros, cada una, obteniendo un valor de 215 m² de construcción.

2.1.1.1. Estudio de suelos

Es necesario conocer las características y propiedades del suelo, para establecer las dimensiones de los cimientos en función del valor soporte, para asegurar que el diseño de la estructura estará bien sustentado sobre sus cimientos, para brindar seguridad a las personas que la utilizan.

2.1.1.1.1. Ensayo triaxial

El ensayo de compresión triaxial se realizó en el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Se realizó una toma de muestra de suelo inalterado de 1 pie cúbico a una profundidad de 1,20 metros, para luego ser ensayado en dicho laboratorio para obtener los parámetros de diseño iniciales para el proyecto.

Figura 2. Extracción de muestra inalterada



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. Determinación del valor soporte

Con base en las pruebas de laboratorio se presentan los siguientes resultados:

(ver anexo 1)

Descripción del suelo = limo arenoso color café oscuro

Ángulo de fricción interna = $20,46^\circ$

Cohesión = $9,39 \text{ ton/m}^2$

Peso específico del suelo = $1,44 \text{ ton/m}^3$

Desplante = 1,20 m

Esfuerzo límite

Se determinó por medio de la fórmula del Dr. Karl Terzaghi, siendo esta:

$$q_d = c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,5 * \gamma * B * N'_y$$

Donde:

c' = coeficiente de cohesión del suelo

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ = peso específico del suelo

Z = desplante de cimentación

N'_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

B = base de zapata

N'_y = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Los valores de factores de capacidad, se obtuvieron de la gráfica de curvas de trazo continuo, siendo estos:

$$N'_c = 8,15$$

$$N'_q = 2,00$$

$$N'_y = 0,27$$

Determinando el esfuerzo límite:

$$q_d = c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,5 * \gamma * B * N'_y$$

$$q_d = 9,39 * 8,15 + 1,44 * 1,20 * 2,00 + 0,5 * 1,44 * 1,20 * 0,27$$

$$q_d = 80,22 \text{ ton/m}^2$$

- Valor soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

Donde:

q_d = esfuerzo límite

F.S. = factor de seguridad

Según el Dr. Karl Terzaghi, el mínimo para el factor de seguridad puede ser por lo menos de 3, para este caso se utiliza un valor de 3.

Determinando valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

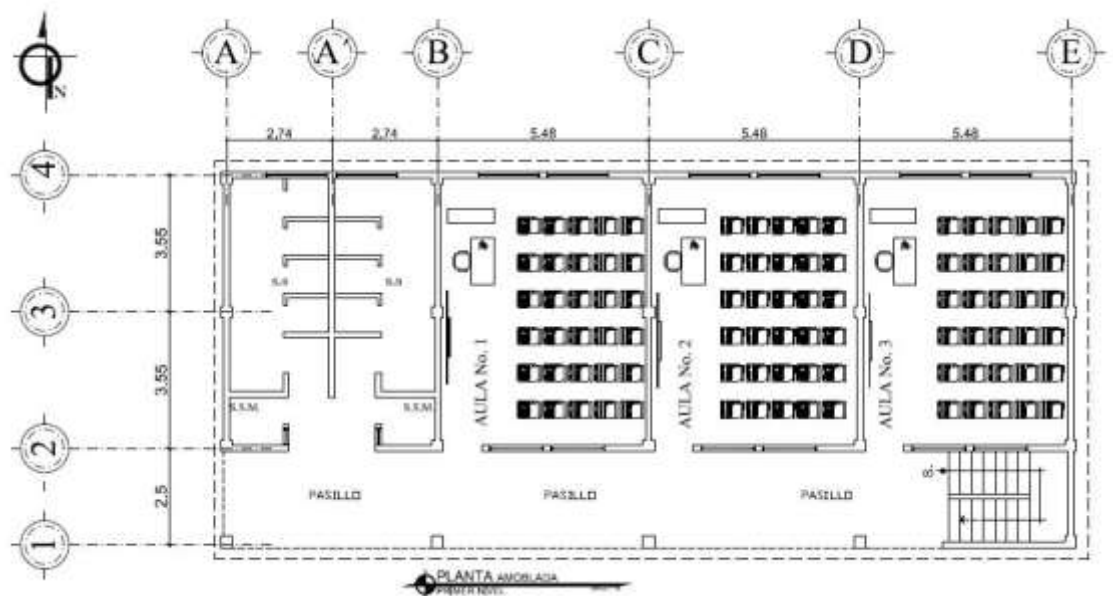
$$V_s = \frac{80,22}{3}$$

$$V_s = 26,74 \text{ ton/m}^2$$

2.1.1.3. Diseño arquitectónico

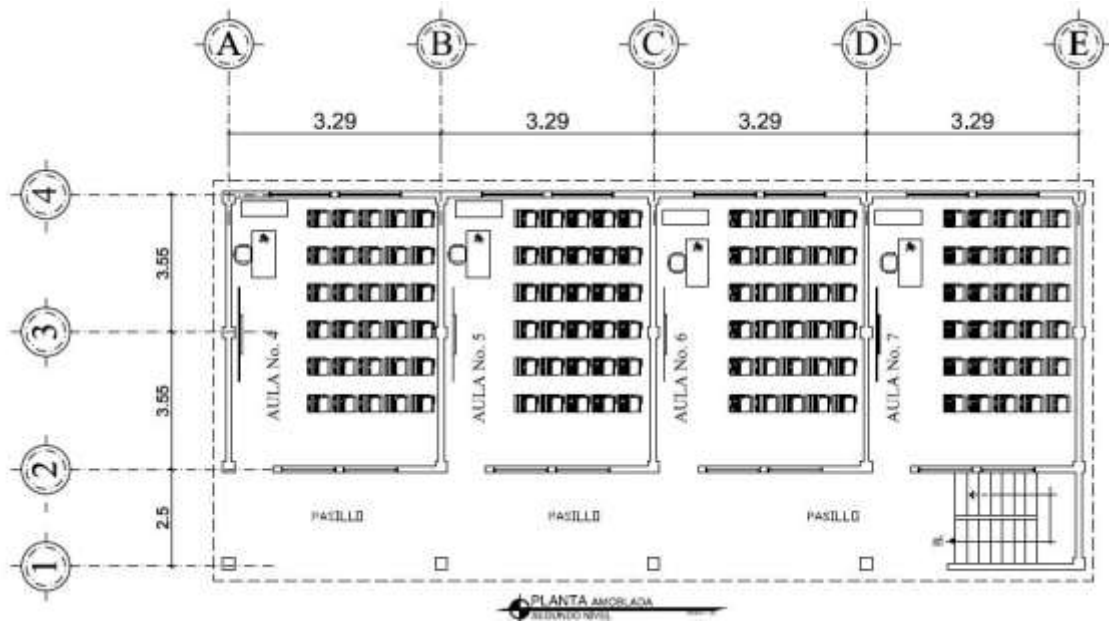
El diseño arquitectónico, consiste en darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Para lograrlo se deben tomar en cuenta los diferentes criterios, tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y el financiamiento para la construcción, así como parámetros establecidos en el Manual de *Criterios Normativos para el Diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*.

Figura 3. Planta amoblada primer nivel



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Planta amoblada segundo nivel**

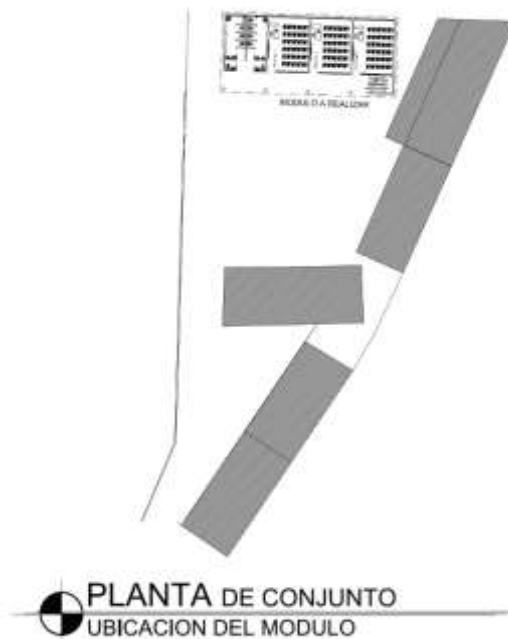


Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. **Ubicación de la edificación**

El edificio se ubica en la colonia Bosques de Vista Hermosa, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, en el sentido; este - oeste, para no interferir con las áreas de recreación ya establecidas.

Figura 5. **Ubicación de la edificación**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Descripción del sistema a utilizar

Se utilizó un sistema formado por losas actuando como diafragmas en el plano horizontal, sostenido por muros de mampostería que tienen el refuerzo vertical y horizontal concentrado en elementos de concreto, definido como un sistema de mampostería reforzada.

2.1.2.1. Descripción del sistema estructural de mampostería reforzada a utilizar

Para este diseño los muros por utilizar serán de un espesor de 140 milímetros y una resistencia de 70 kilogramos por centímetro cuadrado, (AGIES

NSE 4,10, COGUANOR NGO 41 054), los muros soportarán todas las solicitaciones horizontales y la parte de las solicitaciones verticales que les correspondan por área tributaria (que normalmente excederá el 50% del peso de la estructura). La carga vertical no soportada por los muros podrá ser sostenida por columnas de concreto o acero que no se requiere que tengan la función de resistir solicitaciones horizontales, pero deberán aceptar las acciones inducidas por las derivas laterales de la estructura.

Las losas pueden tener vigas incorporadas o ser planas; las vigas no necesitan tener una función sismo resistente. Los muros estructurales pueden ser ordinarios o especiales atendiendo a sus capacidades sismo resistente.

2.1.2.2. Ventajas estructurales de la mampostería reforzada

El uso de mampostería reforzada posee varias ventajas, como las siguientes:

- Mayor rigidez al desplazamiento lateral ocasionado por las fuerzas sísmicas.
- Resuelve adecuadamente el problema de los elementos no estructurales.
- Resistentes al fuego.
- Poca o ninguna tendencia a la fisuración.
- Construcción más económica en baja altura.
- Tramos más largos.

2.1.2.3. Elementos del sistema de mampostería reforzada

2.1.2.3.1. Mampostería

Son unidades prefabricadas empleadas para el levantado de los muros de mampostería reforzada. Existen varias unidades prefabricadas, pero generalmente, son ladrillos de barro cocido o bloques huecos de concreto, este tipo de unidades deben cumplir con la norma COGUANOR NGO 41 054 en lo referente a la calidad, dimensiones, absorción y clasificación por su resistencia. Para este diseño se utilizaron los bloques huecos de concreto de un espesor de 140 milímetros y una resistencia de 70 kilogramos por centímetro cuadrado

- **Bloques de concreto**

Los bloques de mampostería están normados en su fabricación con cemento portland, arena, agregado grueso y agua.

Los Bloques de concreto son elementos modulares premoldeados diseñados para la mampostería confinada y armada, con uno o más huecos transversales en su interior de manera que el área neta del elemento sea de un 50 por ciento a un 70 por ciento del área bruta del elemento.

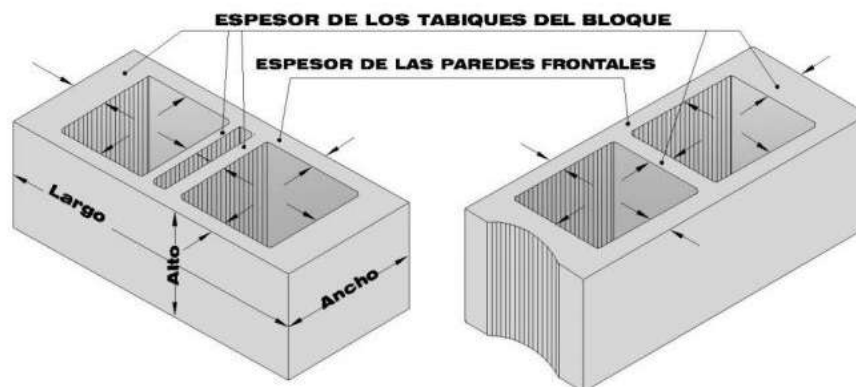
Los boques utilizados para los muros principales serán de 14 cm. de ancho por un alto de 19 cm. y un largo de 39 cm.

Tabla I. **Dimensiones principales de bloques de concreto**

USO	Medidas principales nominales ó modulares (centímetros)			Medidas principales reales (centímetros)		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Bloque de muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: adaptación AGIES NSE - 2,10.

Figura 6. **Bloques huecos de concreto**



Fuente: elaboracion propia

Para adherir estos bloques de concreto, es necesario un mortero para mampostería siendo esta del tipo 1 (M) que comprende de una mezcla plástica de materiales cementantes y arena graduada, la dosificación de la mezcla deberá proveer las condiciones que permitan su trabajabilidad, capacidad para retención de agua, durabilidad, de la misma manera que el bloque de concreto, este deberá contribuir con la resistencia a compresión del elemento estructural, por medio de la unión de mortero y bloques de concreto prefabricados.

2.1.2.3.2. Mortero

El uso del mortero en la construcción ha sido muy diverso; se usa ampliamente como material de revoque o repello, como material de pega en la mampostería y en los últimos tiempos en la mampostería estructural.

Existen varios tipos de morteros y cada uno tiene un uso específico según sea la necesidad, a continuación, se presentan una descripción de ellos:

Tipo 1 (M): mampostería sujeta a altas cargas de compresión, acciones severas de congelamiento, altas cargas laterales por sismo, huracanes, así también como muros de contención.

Tipo 2 (s): estructuras que requieren soportar altos esfuerzos de flexión y que están sujetos a cargas de compresión y fuerzas laterales.

Tipo 3 (N): para uso general en la construcción de mampostería, para la construcción de sótanos residenciales, muros interiores y divisiones, fachadas y divisiones no estructurales de mampostería.

Tipo 4 (O): para muros y particiones que no soportaran cargas. O para muros que soportaran cargas de compresión no mayores a 100 psi y que no están sujetas a la acción del clima.

El mortero por utilizar para este caso será el tipo 1 (M).

Tabla II. Tipos de morteros

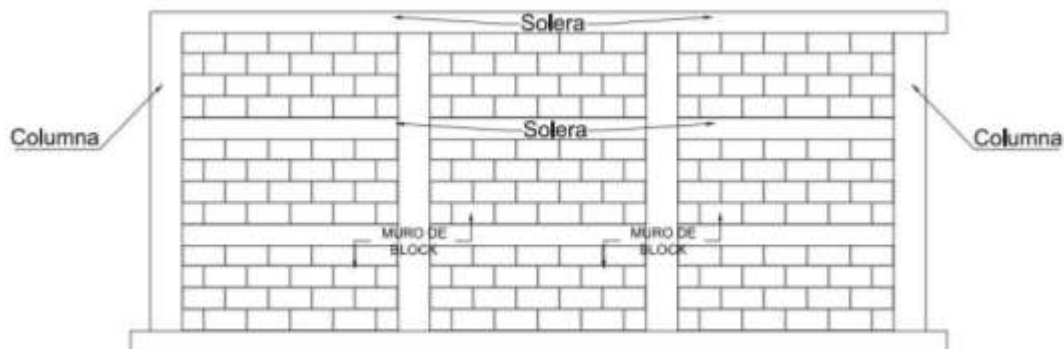
TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO ALBANILERIA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(Mpa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I.)				
M	17.2	175	2500	1 1	1 -	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12.4	126	1800	0.5 1	1 -	0.25 a 0.50	
N	5.2	53	750	- 1	1 -	0.5 a 1.25	
O	2.4	25	350	- 1	1 -	1.25 a 2.50	

Fuente: AGIES NSE 2,10.

2.1.2.3.3. Amarres

Estos amarres son requeridos en paredes múltiples, en uniones de muros y en intersecciones de muros para dar la estabilidad y la rigidez necesaria al muro, cuando las uniones del mortero toman resistencia, estos amarres aseguran las unidades y resisten la presión lateral, previniendo pandeo o separación de las unidades, (diseño por corte simple)

Figura 7. Detalles de amarres en muros



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

2.1.2.3.4. Acero de refuerzo

Es el acero que se emplea en el refuerzo vertical y horizontal, introducidas en las soleras, columnas, mochetas, sillares, dinteles, vigas, losas y cimientos.

Para brindarle rigidez al muro estas varillas van colocadas en el interior del muro, esta deberá consistir en varillas corrugadas que cumplan con las especificaciones. Las barras de acero para concreto armado se suministrarán en longitudes de 6, 9, y 12 metros, según sea la necesidad del caso.

Tabla III. **Clasificación de varillas de acero**

Clasificación Según Sistema de Medidas	
Internacional, SI	Inglés
Grado 280	Grado 40
Grado 414	Grado 60
Grado 517	Grado 75

Fuente: COGUANOR NGO 36 011.

Para este caso se empleará el acero corrugado, grado 40.

2.1.3. Propiedades de los materiales

Los materiales empleados en la construcción poseen diversas propiedades las cuales definen su comportamiento bajo los esfuerzos que le producen las cargas en las que están sometidos los elementos. Por tal razón es de suma importancia el análisis del mortero que se utilizará, de la misma manera los muros de mampostería, para poder establecer los parámetros de diseños adecuados a los materiales utilizados.

2.1.3.1. Resistencia a compresión del mortero

La resistencia a compresión del mortero está en función de la dosificación de su mezcla, para obtener buenos resultados es necesario contar con los materiales adecuados.

Los tipos de morteros con base en su capacidad compresiva y de adherencia se clasifican en tres tipos: I, II, y III, en la siguiente tabla se indica la dosificación por volumen para cada tipo de mortero y su respectiva resistencia.

Tabla IV. Dosificación de morteros

Tipo de mortero	Proporción volumétrica			Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
	Cemento	Cal	Arena	
I	1,00	-	No menos de 2,25 y no más de 3 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal	175
II	1,00	de 0,25 a 0,50		125
III	1,00	0,50 a 1,25		50

Fuente: AGIES NSE 7.4 p. 6.

Para este caso se empleará el mortero tipo 1, con base de cemento y arena de río tamizada, en proporción 1:2.

2.1.3.2. Resistencia a compresión de la mampostería

La resistencia a compresión de la mampostería, $f'm$, empleada como base para el diseño de muros, esto se determina mediante ensayos de muestras en el laboratorio.

Para diseño, se empleará un valor de la resistencia, f'_m de 70 kg/cm² medida sobre el área bruta, que se determinará como el que es alcanzado por lo menos por el 98 por ciento de las piezas producidas.

2.1.3.3. Módulo de elasticidad de la mampostería

El módulo de elasticidad, E_m en kilogramos por centímetro cuadrado, para la mampostería se calcula por medio de la fórmula, $E_m = 750$ multiplicado por la resistencia a compresión de la mampostería, (AGIES NSE 7,4), siendo esta de bloques de mampostería con resistencia de 70 kilogramos por centímetro cuadrado, se obtiene el siguiente valor:

$$E_m = 750 * f'_m$$
$$E_m = 750 * 70 \frac{kg}{cm^2} = 52\,500 \frac{kg}{cm^2}$$

2.1.3.4. Módulo de cortante de la mampostería

El módulo de cortante, E_v en kilogramos por centímetro cuadrado, para la mampostería se calcula en función de su módulo de elasticidad, de acuerdo con la fórmula $E_v = 0,4$ multiplicado por el módulo de elasticidad de la mampostería. Empleando el valor anterior obtenemos que el módulo de cortante es de 21 000,00 kilogramos por centímetro cuadrado.

2.1.4. Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES)

AGIES posee varias clasificaciones en función de las obras a realizar, por lo tanto, se presenta las siguientes que son las que se consideraran en este diseño.

Obras críticas: estas son indispensables para el desenvolvimiento socio-económico de grandes sectores de la población; también se clasifican en esta categoría las obras que al fallar pondrían en peligro a grandes cantidades de personas, como los puentes, centrales energéticas, etc.

Obras esenciales: este tipo de obras no pueden fallar durante o después de un desastre natural por lo que deben de mantenerse en funcionamiento durante y después del mismo, entre estas están: hospitales con instalaciones de emergencia, quirófanos, instalaciones de defensa civil, bomberos, policía y comunicaciones asociadas con la atención de desastres, instalaciones de captación y tratamiento de agua, puentes sobre carreteras de primer orden, etc.

Obras importantes: estas son aquellas que albergan o pueden afectar a gran número de personas, donde sus ocupantes estén restringidos a desplazarse, donde se presten servicios no esenciales después de un desastre, entre éstas están: edificios educativos y guarderías, edificaciones del estado no esenciales, hospitales, sanatorios y centros de salud públicos y privados.

Obras ordinarias: entre éstas están aquellas que no se hayan mencionado anteriormente como: viviendas, comercios, edificios industriales y agrícolas que por su tamaño, función o volumen no se pueden clasificar en otra categoría.

Obras utilitarias: entre estas están las que no se diseñan para albergar personas pero que en un momento determinado pueden utilizarse para ello en períodos de tiempo no prolongados.

Este diseño se clasifica en obra importante, por ser un edificio educativo.

A continuación, se enmarcan una serie de puntos a considerar en este análisis para obtener un diseño adecuado para la edificación:

Índice de sismicidad del sitio

El índice de sismicidad (I_0) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación. Para efecto de estas normas, el territorio de Guatemala se divide en macro zonas caracterizadas por su índice de sismicidad que varía de $I_0 = 2$ a $I_0 = 4$. La distribución geográfica del índice de sismicidad se especifica en la figura 5 que es un mapa base de macrozonificación sísmica de la república.

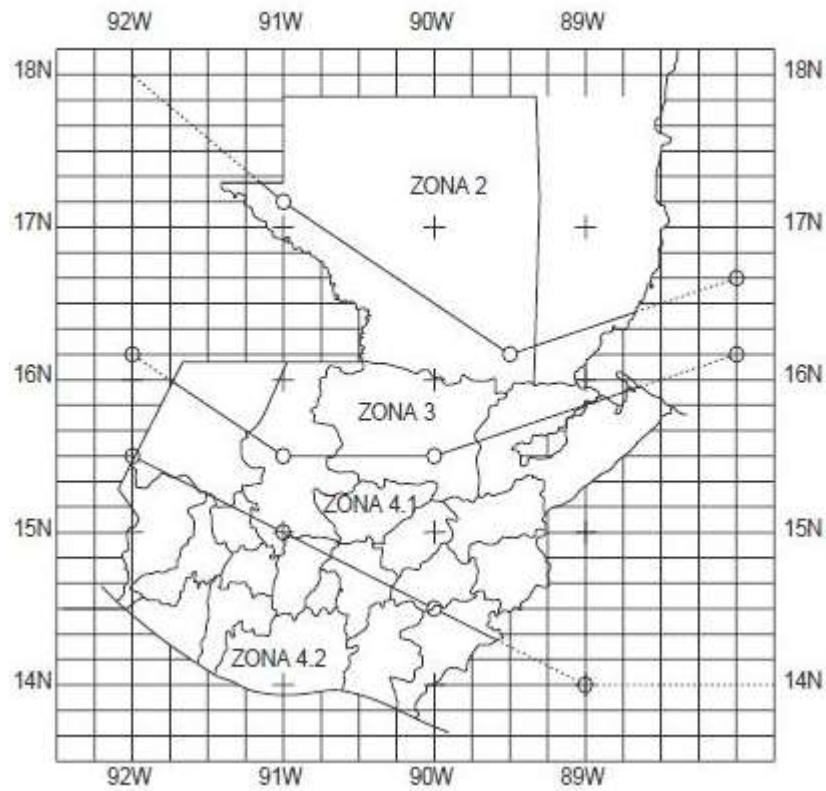
El departamento de Guatemala se encuentra ubicado en la zona 4,2, por lo tanto, se emplea un valor de índice de sismicidad de 4.

Tabla V. **Aceleraciones efectivas para sismo básico**

ZONA	I_0	A_0	A_r	Observaciones
2	2	0,15g	0,15g	Cuando sea necesario interpolar hacerlo sobre líneas norte-sur
3	3	0,15g a 0,40g	0,015 a 0,15g	
4,1	4	0,40g	0,15 a 0,20 g	
4,2	4	0,40g	0,20g	

Fuente: AGIES NSE 2,10 p. 11.

Figura 8. **Mapa de macrozonas sísmicas**



Fuente: AGIES NSE- 2,10.

Nivel de protección requerido

Es una medida del grado de protección suministrado al público y a los usuarios de las obras contra riesgos derivados de las solicitaciones de carga y amenazas naturales. Este valor es determinado por el índice de sismicidad y la clasificación de la obra.

Perfil del suelo

Se definen 3 tipos de perfiles de suelos en AGIES NSE-2 para establecer el espectro del sismo de diseño, los cuales se describen a continuación:

Perfil del suelo S1, este debe satisfacer cualquiera de las siguientes condiciones, roca de cualquier clase, este material se caracteriza por tener velocidades de onda de corte mayores a 800 metros/segundo. Este es un suelo rígido cuyo basamento rocoso está a menos de 50 metros de profundidad, constituido por arenas, gravas densas o arcillas firmes.

Perfil del suelo S2, este debe satisfacer cualquiera de las siguientes condiciones, suelo firme cuyo basamento rocoso está a más de 50 metros de profundidad, está conformado por suelos granulares densos, limos densos cenizas volcánicas o arcillas firmes. Generalmente son suelos firmes y estables cuyo perfil no se clasifica como S1 ni S3.

Perfil del suelo S3, este debe satisfacer cualquiera de las siguientes condiciones, generalmente perfiles de suelo donde la velocidad de onda de corte del depósito es menor de 200 metros por segundo.

Depósitos de más de 10 metros de espesor de cenizas, arenas o limos sueltos o de densidad media. Depósitos de más de 10 metros de espesor de arcillas blandas semiblandas con o sin estratos arenosos intermedios.

Según las condiciones del suelo en campo se clasifica en perfil S1, más adelante de presentar la tabla resumen.

Sistemas estructurales básicos

La estructura de una edificación se clasificará conforme a lo especificado en este numeral. Cada estructura o cada parte significativa de la misma se clasificarán, en cada dirección de análisis independientemente, en una de cinco posibles familias E1 a E5. En caso de no ser posible clasificarla, o en caso de duda, se clasificará como E6, "otro tipo".

Sistema de cajón (EI)

Es un sistema estructural integrado con muros estructurales que soportan toda o casi toda la carga vertical. Las fuerzas sísmicas deben ser resistidas por los propios muros estructurales y/o por marcos arriostrados. Los muros y marcos deben estar unidos por diafragmas en el plano horizontal (losas).

Este será el sistema a utilizar en el proyecto, los distintos tipos de sistemas estructurales se detallan en la tabla número VII, estos no se desarrollarán en este documento, ya que no se utilizaron en el cálculo.

Tabla VI. **Clasificación de estructuras por tipos**

Tipo de estructura	C	Sistema vertical sismo resistente
Sistema de cajón	E 1	Con muros estructurales de Mampostería reforzada Concreto reforzado Mampostería sin refuerzo Mampostería reforzada interiormente Madera Marcos arriostrados
Sistema de marcos	E 2	
Marcos ordinarios	E 2,1	Acero estructural Concreto reforzado
Marcos especiales	E 2,2	Acero estructural Concreto reforzado
Sistemas combinados de muros y marcos	E 3	Muros de mampostería reforzada Muros de concreto reforzado Marcos arriostrados en lugar de muros Arriostres ordinarios Arriostres excéntricos
Sistema dual de muros y marcos	E 4	Muros de mampostería reforzada Muros de concreto reforzado Marcos arriostrados en lugar de muros Arriostres ordinarios Arriostres excéntricos
Péndulo invertido	E 5	De concreto reforzado Confinado Ordinario De estructura de acero Con detalles ordinarios Con detalles sísmicos De estructuras de madera
Otro tipo	E 6	Clasificar como E 5

Fuente: Norma AGIES NSE – 2.

Redundancia estructural

La redundancia estructural se verifica separadamente para cada dirección de análisis atendiendo al número de tramos, número de ejes estructurales y al número de muros en cada dirección, más adelante se presenta la tabla resumen.

Tabla VII. Redundancia estructural

Número de tramos	Requisito	Índice q1
4 o más	Tramo menor > 0,75 tramo mayor	2,5 +1,5
	Tramo menor < 0,45 tramo mayor	
3 tramos	Tramo menor > 0,75 tramo mayor	1,5 0,0
	Tramo menor < 0,45 tramo mayor	
2 tramos	Tramo menor > 0,75 tramo mayor	0,0 -2,5
	Tramo menor < 0,45 tramo mayor	
1 tramo	-	-3,0
Ningún tramo	Es estructura tipo E5	-

Fuente: Norma AGIES NSE- 2,10 p. 15.

Presencia de muros o riostras (q3)

Si la estructura tiene, al menos, el 33 por ciento de sus ejes estructurales uno o más muros estructurales cuya relación longitud / altura de muro, sea mayor que 1,5 o bien dos o más muros cuya relación longitud / altura de muro, sea mayor que 0,67 se le podrá asignar un índice de calidad q3 = +2,5. Si en cada eje con muros hay al menos dos que estén acoplados entre sí con dinteles dúctiles se puede añadir +1,0 al índice q3.

Los sistemas de cajón “E1” tienen un índice de calidad q3 = +2,5. Es implícito en las estructuras con muros o riostras que debe haber diafragmas horizontales capaces de recolectar y transferir a los muros las demandas sísmicas en cada piso.

Configuración en planta:

Para utilizar el método de análisis de la carga estática equivalente, el análisis modal espectral en dos dimensiones, o análisis dinámico paso a paso bidimensional, una estructura deberá satisfacer los siguientes requisitos de regularidad horizontal.

Los diafragmas de todos los pisos sobre el nivel del suelo no deberán contener variaciones abruptas en rigidez, ni esquinas salientes o entrantes que pudieran influenciar significativamente la distribución de las fuerzas laterales en la estructura.

La distancia horizontal entre el centro de rigidez en cualquier nivel y el centro de masa de todos los niveles por arriba de dicho nivel no deberá exceder a 0,3 veces a la máxima dimensión en planta de la estructura para ese nivel particular, medida perpendicularmente en la dirección de la aplicación de las fuerzas laterales, ni cambiar de signo en cada uno de los niveles de la estructura.

Bajo la acción de las fuerzas laterales estáticas equivalentes, la relación del desplazamiento horizontal medido en el extremo de los ejes transversales localizados en la dirección de la aplicación de las fuerzas laterales deberá estar comprendida dentro del intervalo de $3/7$ a $7/3$.

Para este caso se utiliza un valor de 2,5 para ambos ejes, más adelante se presenta la tabla resumen.

Regularidad en planta (q4)

Si se cumple que los diafragmas de todos los pisos sobre el nivel del suelo no tienen variaciones abruptas de rigidez se podrá asignarse un índice de calidad $q4 = +2,5$ en cada dirección de análisis. Si ningún piso tiene planta regular, se asignará un índice $q4 = -4,0$ en cada dirección de análisis. Las situaciones intermedias podrán interpolarse entre estos dos valores. Mas adelante se presenta la tabla resumen indicando los datos utilizados.

Excentricidad en planta (q5)

Si la distancia horizontal entre el centro de rigidez en cualquier nivel y el centro de masa de todos los niveles por arriba de dicho nivel no excede 0,30 veces la máxima dimensión de la planta se podrá asignar un índice de calidad $q5 = +5,0$ en cada dirección de análisis. Si no se cumple ninguno de los dos se asignará un índice de calidad $q5 = -8,0$ en cada dirección de análisis. No habrá interpolación entre estos dos valores. Mas adelante se presenta la tabla resumen.

Configuración vertical

Para utilizar el método de análisis de la carga estática equivalente se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Los desplazamientos laterales o derivas de cada piso serán razonablemente proporcionales a la altura de ese piso sobre el nivel del suelo.

- La rigidez de cualquiera de los entrepisos de la estructura deberá ser mayor o igual a la rigidez del correspondiente entrepiso inmediato superior.
- Los tabiques, sillares y otros elementos secundarios o no estructurales no deberán contribuir a la rigidez lateral del entrepiso.

Mas adelante se presenta la tabla resumen.

Espesor mínimo para muros

Los muros deberán tener un espesor nominal mínimo de 14 cm. La relación entre la distancia sin apoyos, ya sea horizontal o vertical, y el espesor del muro, deberá ser tal que atienda adecuadamente el pandeo tanto horizontal como vertical. Los muros no estructurales que tan solo soportan su propio peso podrán tener un espesor mínimo de 10 cm y una relación de la distancia sin apoyos al espesor, máximo igual a 30. Para este caso se emplea muros con un espesor de 14 cm.

Dimensiones mínimas de las soleras

El ancho mínimo de las soleras de los muros estructurales deberá ser el espesor del muro y el área de su sección no deberá ser menor que 20,000 mm², este es el caso de soleras de 14 cm de ancho por 20 cm de alto, más adelante se presenta el diseño de la misma.

Área mínima de acero para soleras

Los muros confinados de mampostería deberán reforzarse horizontalmente con un área de acero no menor que 0.0015 veces el área de su sección transversal. Mas adelante, se presenta el armado y el tipo de refuerzo empleado en este caso.

Tabla VIII. **Acero de refuerzo mínimo para soleras**

Tipo de solera	Refuerzo mínimo
Hidrófuga	4 No. 3 + Estribos No.2 @ 200 mm
Intermedia	4 No. 3 + Estribos No.2 @ 200 mm
Entrepiso	4 No. 3 + Estribos No.2 @ 200 mm
Superior	4 No. 3 + Estribos No.2 @ 200 mm

Fuente: AGIES NSE-7,4 p, 19.

Longitud mínima de muros

Para garantizar que la edificación tenga reserva de energía en el rango postelástico, deberá proveerse una longitud mínima de muros de corte con refuerzos horizontales y verticales en cada una de las direcciones principales. La longitud de cada muro en metros, en cada una de las dos direcciones principales no podrá ser menor que 1 metro.

Si la edificación no cumpliera con lo indicado en este inciso, deberá aumentarse la longitud de sus muros o añadirse muros en la dirección bajo consideración.

Para efecto de contabilizar la longitud de muros de corte en cada dirección principal no se deberán tener en cuenta los vanos de las puertas y ventanas, ni aquellos tramos de muro cuya longitud sea inferior a un metro.

Requisitos adicionales para el refuerzo horizontal

A fin de asegurar que la edificación trabaje en forma conjunta, las soleras deberán formar un anillo cerrado, entrelazando los muros existentes en las dos direcciones principales para conformar un diafragma.

Se deberá tener especial cuidado en la colocación de las barras de refuerzo de las soleras en los cruces y esquinas de muros, donde el refuerzo de la cara interior deberá llevarse hasta la cara exterior del miembro que lo intersecta y deberá anclarse con gancho cuando el elemento no continúa.

Porcentaje de refuerzo en muros

La suma del porcentaje de refuerzo horizontal, p_h , y vertical, p no deberá ser menor que 0,002 y ninguna de los dos porcentajes deberá ser menor que 0,0007.

Dimensión mínima para columnas aisladas

La dimensión mínima para columnas de mampostería reforzada será de 290 mm. Para este caso se emplearán columna aisladas con una dimensión de 300 mm por 300 mm.

2.1.5. Tipos de cargas que afectan a la estructura

Toda estructura diseñada deberá resistir el conjunto de cargas permanentes y de cargas frecuentes a las que se vea sujeta, entre ellas cargas muertas, cargas vivas, de igual forma deberá soportar las cargas de sismo.

Las cargas utilizadas para este diseño se describen a continuación.

2.1.5.1. Cargas gravitacionales

Estas comprenden el peso propio de la estructura y el peso de los materiales, como acabados, divisiones, techos, fachadas, piso, equipos fijos, artefactos. etc., y que a su vez se subdividen en carga muerta y carga viva.

2.1.5.1.1. Carga viva

Las cargas vivas son las que produce el uso y la ocupación de la edificación. Estos incluyen, pero no están limitados a los ocupantes en sí, el mobiliario y su contenido, así como el equipo no fijo. Según AGIES NSE 2-10 se usará para el diseño una carga de 200 kilogramos por cuadrado para aulas y de 500 kilogramos por metro cuadrado para los pasillos y gradas.

2.1.5.1.2. Carga muerta

Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos, equipo permanente rígidamente anclado. Tabiques móviles son casos especiales. Las fuerzas netas de pre-esfuerzo también se consideran cargas muertas.

2.1.6. Método de análisis estructural del edificio

En la actualidad existen varios métodos para el análisis de estructuras de mampostería, entre los más usados se puede mencionar: el análisis simplista llamado también el método de las rigideces, y el análisis realista.

Para este diseño se toma el análisis simplista para muros de mampostería reforzada.

2.1.6.1. Generalidades del diseño de elementos en mampostería

El diseño de mampostería se basa en el método de esfuerzos de trabajos, se analizan de modo que los elementos de mampostería puedan soportar las cargas reales que actúan.

El método de esfuerzos de trabajo está basado en que los esfuerzos se encuentren en el rango elástico de los materiales y en los principios que se describen a continuación:

- Una sección plana antes de la flexión permanece plana después de ella.
- Los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones y estos a la vez son proporcionales a la distancia al eje neutro.
- Los momentos y las fuerzas, externos e internos, están en equilibrio.
- El módulo de elasticidad es constante a través del miembro
- La mampostería no actúa a tensión.
- Los elementos de mampostería se combinan para formar un miembro homogéneo.
- La tensión actúa en el refuerzo en el centro de gravedad de las barras

- El elemento estructural es recto y de sección transversal uniforme.
- La tensión en el acero es homogénea alrededor del centro de gravedad de las varillas.

2.1.6.2. Análisis simplista

Por medio de este análisis se realizará el diseño de la edificación, para realizar el análisis simplista de una estructura, se tomarán en cuenta las siguientes suposiciones:

- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene el muro, en el sentido contrario no se considera el ladeo.
- Para la distribución de la fuerza lateral a cada muro se deben considerar únicamente los muros paralelos a la dirección en que ésta actúa, presentándose dos efectos sobre ellos los cuales son: uno de traslación en la misma dirección y otro de rotación respecto al centro de rigidez cuando no coincide con el centro de masa.
- Los muros en general se comportan como miembros verticales sujeto a fuerzas horizontales concentradas en los niveles de piso

2.1.6.3. Procedimiento de análisis

Para este análisis se determinarán las cargas que afectarán la estructura, luego se calculará la rigidez de los muros que están en la misma dirección del sismo, es recomendable la simetría en geometría y rigidez de las mismas, para reducir los efectos de torsión.

Para ello se realizarán los siguientes cálculos:

- Integración de cargas
- Cálculo de centro de masa
- Cálculo de centro de rigidez
- Análisis de sismo
- Cálculo de momentos de volteo
- Distribución de cargas y momentos en muros

2.1.6.3.1. Integración de cargas

Para ello, se integran las cargas de los muros y losas, estas son las cargas muertas que actúan en la estructura en análisis, seguidamente, se integran las cargas vivas que actúan en la estructura tal y como se observa a continuación:

Muros de mampostería de 0,14 x 0,19 x 0,39 m

Altura de muros 2,90 m

Área de losa 1er. Nivel = 207,16 m²

Área de losa 2do. Nivel = 215,28 m²

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Cargas que actúan en la estructura

Carga viva de techo = 100 kg/m²

Carga viva entrepiso = 200 kg/m² (aulas)

Carga viva pasillo = 500 kg/m²

Carga muerta en techo

Losa	$2\,400,00\text{ kg/m}^3 \times 0,12\text{ m}$	$= 288,00\text{ kg/m}^2$
------	--	--------------------------

Relleno	$1\,400,00\text{ kg/m}^3 * 0,05\text{ m (espesor)}$	$= 70,00\text{ kg/m}^2$
Sobrecarga		$= 5,00\text{ kg/m}^2$

Sumatoria = 363,00 kg/m²

Carga muerta entrepiso

Losa	$2\,400,00\text{ kg/m}^3 * 0,12\text{ m}$	$= 288,00\text{ kg/m}^2$
Relleno	$1\,400,00\text{ kg/m}^3 * 0,05\text{ m (espesor)}$	$= 70,00\text{ kg/m}^2$
Piso cerámico		$= 25,00\text{ kg/m}^2$
Instalaciones		$= 25,00\text{ kg/m}^2$

Sumatoria = 408,00 kg/m²

La mampostería de bloques pesa entre 1 600 a 1 800 kilogramos por metro cubico (fuente: diseño de viviendas de mampostería, Ing. Juan Miguel Rubio), el espesor del block es de 14 centímetros, entonces se toman, en promedio, 1 700 kilogramos por metro cubico * 0,14 metros = 238 kilogramo por metro cubico, para este diseño se toma el valor de 240 kilogramo por metro cubico.

Muros del primer nivel

Peso de la mampostería	240,00 kg/m ²
Longitud de muros	100,15 m
Altura de muros	2,090 m

Peso = 240,00 kg/m² * 100,15 m * 2,90 m = 72 108,00 kg

Muros del segundo nivel

Peso de la mampostería	240,00 kg/m ²
Longitud de muros	86,31 m
Altura de muros	3,00 m

$$\text{Peso} = 240,00 \text{ kg/m}^2 * 86,31 \text{ m} * 2,90 \text{ m} = \mathbf{62\ 143,20 \text{ kg}}$$

Integración de pesos por nivel (Carga muerta)

Peso del techo

$$\begin{aligned} &= (215,28 \text{ m}^2 * 363,00 \text{ kg/m}^2) + (0,5 * 62\ 143,20 \text{ kg}) \\ &= 109\ 214,24 \text{ kg} \qquad \mathbf{109,21 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

Peso del segundo nivel

$$\begin{aligned} &= (207,16 \text{ m}^2 * 408,00 \text{ kg/m}^2) + (0,5 * (72\ 108,00 \text{ kg} + 62\ 143,20 \text{ kg})) \\ &= 151\ 646,88 \text{ kg} \qquad \mathbf{151,65 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

Peso del primer nivel

$$\begin{aligned} &= (0,5 * (3,00 \text{ m} + 1,20 \text{ m})) * (100,15 \text{ m} * 240,00 \text{ kg/m}^2) \\ &= 50\ 475,60 \text{ kg} \qquad \mathbf{50,48 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

Sumatoria de carga muerta = 311,34 Ton

Carga viva

Carga viva en aulas

$$= 0,25 * (200,00 \text{ kg/m}^2 * 168,20 \text{ m}^2) = 8\ 410,00 \text{ kg} \qquad \mathbf{8,41 \text{ Ton}}$$

Carga viva en pasillos

$$= 0,25 * (500,00 \text{ kg/m}^2 * 47,08 \text{ m}^2) = 5\ 885,00 \text{ kg} \qquad \mathbf{5,89 \text{ Ton}}$$

Carga viva losa

$$= 0,25 * (100,00 \text{ kg/m}^2 * 215,28) = 5\ 382,00 \text{ kg} \qquad \mathbf{5,38 \text{ Ton}}$$

Sumatoria de carga viva = 19,68 Ton

2.1.7. Cálculo de carga lateral

Las cargas laterales que afectarán la estructura a diseñar, serán las cargas de sismo, esta se calculara a continuación:

2.1.7.1. Esfuerzo por sismos

Para el diseño de este edificio se considera, además de las cargas gravitacionales, las cargas por sismos, de esta manera el edificio será construido para resistir un mínimo del total de fuerza sísmica lateral; para este caso, dicha fuerza será resistida por medio de muros de corte (muros de mampostería reforzada).

La tabla X representa los datos finales que se utilizaran para realizar el análisis sísmico.

Cálculo del período fundamental de vibración “T”

$$T_E = \frac{0,09 * h_N}{\sqrt{L}}$$

Donde: h_N = altura del edificio

L = longitud en “X” e “Y”.

$$T_{(X)} = \frac{0,09 * 6}{\sqrt{22,08}} = 0,1149$$

$$T_{(Y)} = \frac{0,09 * 6}{\sqrt{9,75}} = 0,1729$$

Tabla IX. **Clasificación de tipo de suelo**

Clasificación del tipo de suelo	S 1	S 2	S 3
TA	0,12	0,12	0,12
TB	0,40	0,52	0,74

Fuente: ÁLVAREZ HAASE, Ricardo Augusto. Programas para análisis de estructuras de mampostería reforzada por lo métodos simplista y realista, p 52.

Nota: para este diseño el tipo de suelo que se presenta es “S1” debido a las características del suelo en el lugar de la obra, los valores a utilizar serán los siguientes:

Tabla X.

Resumen de análisis sísmico

Nombre de la edificación Clasificación de la obra Índice de sismicidad de sitio Nivel de protección requerido Perfil del suelo Aceleración máxima efectiva del terreno	Escuela Primaria Bosques de Vista Hermosa Importante Zona 4,2 $I_o = 4$ C - 2 S-1 0,40g			
Tipo de estructura	Sistema de cajón, E-1			
Descripción de la estructura				
Número de pisos bajo el suelo	0	Sobre el suelo	2	
Altura total bajo el suelo	0	Sobre el suelo	6	
Longitud X máx. bajo el suelo	0	Sobre el suelo	22,08	
Longitud Y máx. bajo el suelo	0	Sobre el suelo	9,75	
Configuración de la edificación	Dirección del análisis		Valores q_i	
	X	Y	Referencia	
			min.	máx.
Redundancia estructural	$q_1 = +1,5$	$q_1 = +1,5$		
Número de tramos	$q_2 = +2,5$	$q_2 = -3$	-3,0	+2,5
Numero de ejes estructurales	$q_3 = +2,5$	$q_3 = +2,5$	-3	+2,5
Presencia de muros o riostras			0	+3,5
Configuración en planta				
Regularidad en planta	$q_4 = +2,5$	$q_4 = +2,5$	-3	+2,5
Excentricidad en planta	$q_5 = +5$	$q_5 = +5$	-3	+3,5
Configuración vertical	$q_6 = 0$	$q_6 = 0$		

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Demanda sísmica de diseño

Determinación de valor D (T)

$$S_a * T = A_o * D(T)$$

Condición a cumplir

En eje "X"

T < T_A OK.

$$D(T) = 1 + 1,5 \left(\frac{T}{T_A} \right) =$$

$$D(T) = 1 + 1,5 \left(\frac{0,1149}{0,12} \right) = 2,4363$$

En eje "Y"

condición a cumplir

T_A < T < T_B OK.

$$D(T) = 2,5$$

$$S_a * T = 2,426 * 0,40 = 0,9745 \quad \text{En sentido "X"}$$

$$S_a * T = 2,5 * 0,40 = 1,00 \quad \text{En sentido "Y"}$$

Cálculo de factor de reducción de respuesta sísmica "R"

$$R = 1,2 * R_o * Q$$

Donde: R_o= 2,50

$$Q = 1 + 0,1 \sum q_i$$

Sentido "X"

$$Q = 1 + 0,1 * (1,50 + 2,50 + 2,50 + 2,50 + 5 + 0,00) = 2,40$$

$$Q = 2,4 > 0,80 \text{ ok.}$$

Sentido "Y"

$$Q = 1 + 0,1 * (1,50 - 3,00 + 2,50 + 2,50 + 5 + 0,00) = 1,85$$

$$Q = 1,85 > 0,80 \text{ ok.}$$

Sentido "X"

$$R (X) = 1,2 * 2,50 * 2,4 = 7,2$$

Sentido "Y"

$$R (X) = 1,2 * 2,50 * 1,85 = 5,55$$

Cálculo de corte basal (V)

El cortante basal, es una fuerza de reacción que se presenta en todos los marcos que componen una estructura. Es la reacción que la estructura tiene cuando está sujeta principalmente a fuerzas sísmicas (horizontales), para su cálculo se procede a realizar el siguiente procedimiento:

$$V = \frac{Sa(T) * W_s}{R}$$

Para este cálculo se utiliza los valores previamente calculados que son los siguientes:

$$Sa(T) = 0,9745 \quad (\text{en sentido x})$$

$$Sa(T) = 1,00 \quad (\text{en sentido y})$$

$$W_s = \text{carga viva} + \text{carga muerta}$$

$$W_s = 19,68 + 311,34 = 331,02 \text{ ton}$$

$$V_x = \frac{0,9745 * 331,02}{7,2} = 44,80 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{1,00 * 331,02}{5,55} = 59,70 \text{ ton}$$

2.1.7.1.1. Distribución de la fuerza de sismo por piso

La fuerza de sismo deberá ser distribuida por cada piso, esto servirá para saber las fuerzas y momentos que estarán actuando en cada muro de corte, y así poder diseñarlos.

La fuerza por piso se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = V * \frac{(W_i * H_i)}{\sum(W_i * H_i)}$$

Tabla XI. Distribución de fuerza por piso

NIVEL	W_i	H_i	$W_i * H_i$	F_x (TON)	F_x acumulada	F_y (TON)	F_y acumulada
TECHO	109,21	6	655,26	26,47	26,47	35,24	35,24
2do. NIVEL	151,65	3	454,95	18,38	44,85	24,46	59,70
1er. NIVEL	50,48	0	0	0	44,85	0	59,70
			1,110,21				

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.1.7.1.2. Cálculo de momentos de volteo

Las fuerzas laterales inducidas por sismo pueden generar grandes momentos de volteo sobre las estructuras. Si el momento de volteo es lo suficientemente grande puede sobrepasar la carga muerta de la estructura e inducir tensiones en los extremos de los muros de corte. En la siguiente tabla se

presentan los datos obtenidos en cálculos anteriores, para determinar los valores de momentos de volteo.

Tabla XII. **Momentos de volteo**

NIVEL	F_x (TON)	H_i	$H_i * F_x$	F_y	H_i	$H_i * F_y$
TECHO	26,47	6	158,82	35,24	6	211,44
2do. NIVEL	18,38	3	55,14	24,46	3	73,38
1er. NIVEL	0	0	0,00	0	0	0,00

Sumatoria 213,96

Sumatoria 284,82

$M_{vx} =$	213,96	ton - m
------------	--------	---------

$M_{vy} =$	284,82	ton - m
------------	--------	---------

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Momento de volteo

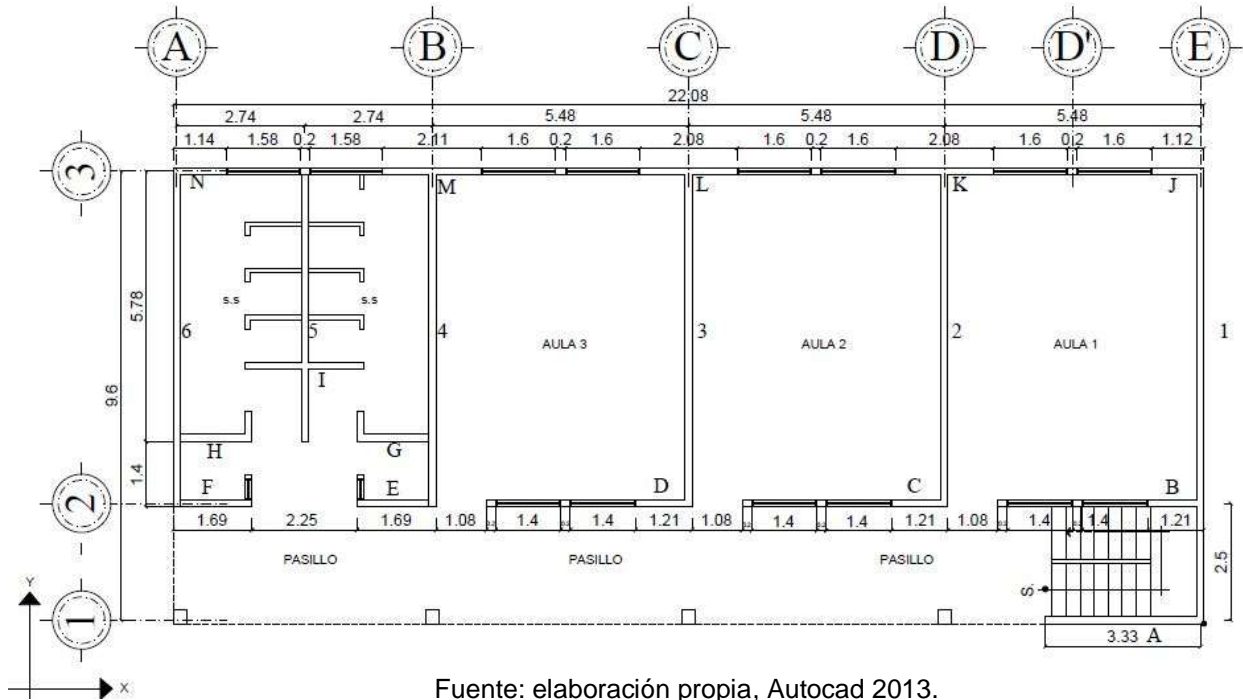
Momento de volteo en “x” = 213,96 ton-m

Momento de volteo en “y” = 284,82 ton-m

2.1.8. Solución por método simplista

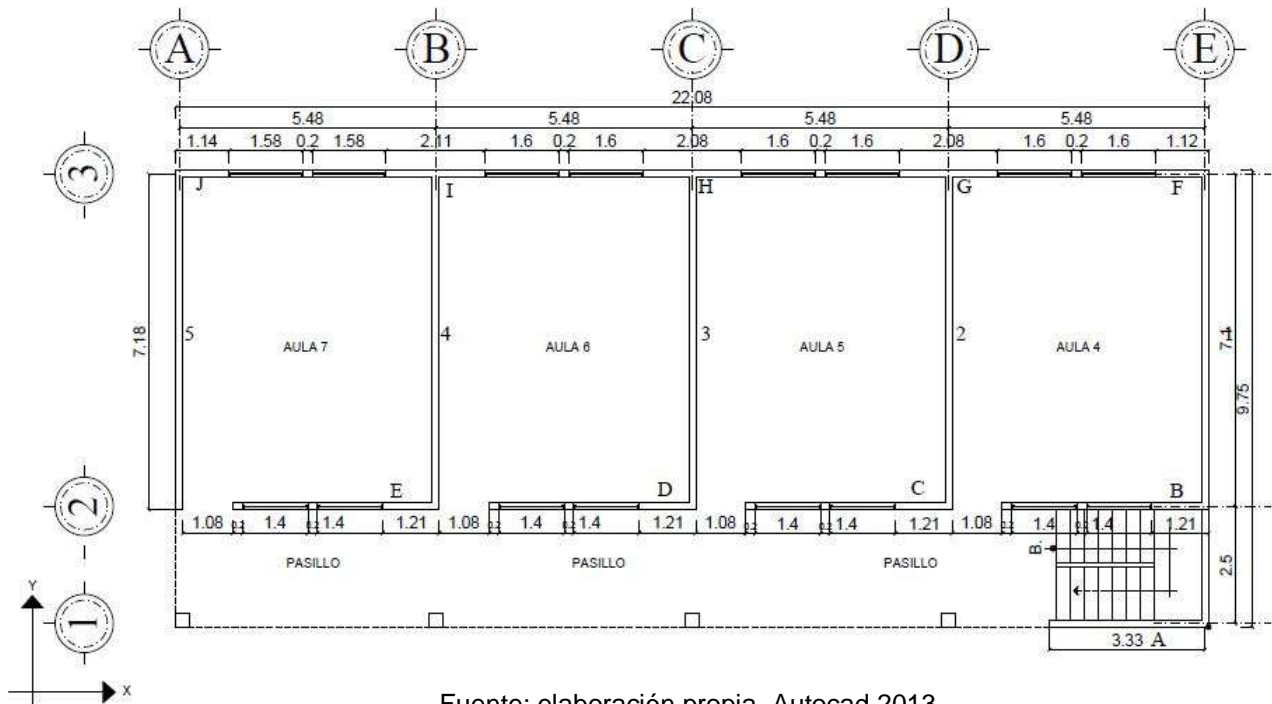
Para este proceso se deberá identificar los muros verticales y horizontales de la estructura para ambos niveles, considerando que no se toman los vanos de puertas y ventanas, quedando así de la siguiente manera:

Figura 9. Muros estructurales primer nivel.



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

Figura 10. Muros estructurales segundo nivel



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

Después del análisis de los muros se presenta la siguiente tabla donde se muestra las longitudes de los muros estructurales que se utiliza en este diseño para el análisis de mampostería.

Tabla XIII. **Distribución de muros estructurales primer nivel en el sentido x, y**

Muro "X"	Longitud	Muro "Y"	Longitud
A	3,4	1	7,10
B	1,21	2	7,10
C	1,21	3	7,10
D	1,21	4	7,10
E	1,69	5	5,77
F	1,69	6	7,10
G	1,69	7	2,50
H	1,69		
I	2,55		
J	1,12		
K	2,08		
L	2,08		
M	2,11		
N	1,14		

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XIV. **Distribución de muros estructurales segundo nivel en el sentido x, y**

Muro	Longitud	Muro	Longitud
A	3,4	1	7,10
B	1,21	2	7,10
C	1,21	3	7,10
D	1,21	4	7,10
E	1,69	5	7,10
F	1,12	6	2,50
G	2,08		
H	2,08		
I	2,11		
J	1,14		

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.1.8.1. Localización del centro de masa de la edificación

El centro de masa de toda estructura es el punto matemático en donde se asume de que todo el peso o masa de la estructura se ha de concentrar, este valor se obtiene por medio del cálculo de momentos desde el punto base hacia cada una de las longitudes de los muros, dividiéndola por la suma de todos los momentos multiplicado por la longitud total de los mismos, tal como se observa a continuación:

Tabla XV. Centro de masa sentido “X” primer nivel

Muro	Longitud	Distancia en x	Distancia en y	L*X	L*Y
A	3,4	1,70	0,00	5,78	0,00
B	1,21	0,61	2,50	0,74	3,03
C	1,21	6,08	2,50	7,36	3,03
D	1,21	11,57	2,50	14,00	3,03
E	1,69	17,29	2,50	29,22	4,23
F	1,69	21,23	2,50	35,88	4,23
G	1,69	17,29	3,90	29,22	6,59
H	1,69	21,23	3,90	35,88	6,59
I	2,55	19,26	5,45	49,11	13,90
J	1,12	0,56	9,60	0,63	10,75
K	2,08	5,56	9,60	11,56	19,97
L	2,08	11,04	9,60	22,96	19,97
M	2,11	16,52	9,60	34,86	20,26
N	1,14	21,51	9,60	24,52	10,94
Sumatorias	24,87			301,72	126,49

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XVI. **Centro de masa sentido “Y” primer nivel**

Muro	Longitud	Distancia en x	Distancia en y	L*X	L*Y
1	7,10	0,00	6,28	0,00	44,59
2	7,10	5,55	6,28	39,41	44,59
3	7,10	11,00	6,28	78,10	44,59
4	7,10	16,50	6,28	117,15	44,59
5	5,77	19,25	6,83	111,07	39,41
6	7,10	22,00	6,28	156,20	44,59
7	2,50	0,00	1,33	0,00	3,33
Sumatorias	43,77			501,93	265,67

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XVII. **Centro de masa sentido “X” segundo nivel**

Muro	Longitud	Distancia en x	Distancia en y	L*X	L*Y
A	3,4	1,70	0,00	5,78	0,00
B	1,21	0,68	2,50	0,82	3,03
C	1,21	6,08	2,50	7,36	3,03
D	1,21	11,57	2,50	14,00	3,03
E	1,69	17,29	2,50	29,22	4,23
F	1,12	0,56	9,60	0,63	10,75
G	2,08	5,56	9,60	11,56	19,97
H	2,08	11,04	9,60	22,96	19,97
I	2,11	16,52	9,60	34,86	20,26
J	1,14	21,51	9,60	24,52	10,94
Sumatorias	17,25			151,71	95,19

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XVIII. Centro de masa sentido “Y” segundo nivel

Muro	Longitud	DISTANCIA EN X	DISTANCIA EN Y	L*X	L*Y
1	7,10	0,00	6,13	0,00	43,52
2	7,10	5,55	6,13	39,41	43,52
3	7,10	11,00	6,13	78,10	43,52
4	7,10	16,50	6,13	117,15	43,52
5	7,10	22,00	6,13	156,20	43,52
6	2,50	0,00	1,33	0,00	3,33
Sumatorias	38,00			390,86	220,94

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Centro de masa primer nivel

$$X = \frac{\sum L * X}{\sum L} = \frac{301,72 + 501,93}{24,87 + 43,77} = 11,71 \text{ metros}$$

$$Y = \frac{\sum L * Y}{\sum L} = \frac{126,49 + 265,67}{24,87 + 43,77} = 5,71 \text{ metros}$$

2.1.8.2. Localización del centro de rigidez

Es el punto matemático que concentra toda la rigidez del sistema en el nivel que se está analizando, este punto es el eje por el cual el centro de masa y las fuerzas laterales ejercidas sobre la estructura suelen rotar.

Para ello, la rigidez está relacionada con la deformación de la estructura ante la acción de las cargas.

$$R = \frac{1}{\Delta}$$

Si el muro está en voladizo se deberá usar la fórmula siguiente:

$$\Delta_{voladizo} = \frac{P}{E_m * t} * \left(\left(\frac{h}{d} \right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{d} \right) \right)$$

Si el muro esta empotrado se deberá usar la fórmula siguiente:

$$\Delta_{empotrado} = \frac{P}{E_m * t} * \left(4 * \left(\frac{h}{d} \right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{d} \right) \right)$$

Para este caso, se utiliza la fórmula de empotrado ya que son las condiciones en las que se está trabajando el diseño, simplificando la fórmula y dejándola en función del módulo de elasticidad de la mampostería E_m se obtiene la fórmula siguiente:

$$\Delta_{empotrado} = \left(0,1 * \left(\frac{h}{d} \right)^3 + 0,3 * \left(\frac{h}{d} \right) \right)$$

La siguiente tabla muestra los valores de rigidez de los muros estructurales empleados en este diseño, mismos que se consideraron anteriormente.

Tabla XIX. Centro de rigidez primer nivel

Muro	Longitud	H/L	Rigidez	Distancia en X	Distancia en Y	R*X	R*Y
A	3,4	0,8824	2,9992	1,70	0,00	-----	0,00
B	1,21	2,4793	0,4410	0,61	2,50	-----	1,10
C	1,21	2,4793	0,4410	6,08	2,50	-----	1,10
D	1,21	2,4793	0,4410	11,57	2,50	-----	1,10
E	1,69	1,7751	0,9159	17,29	2,50	-----	2,29
F	1,69	1,7751	0,9159	21,23	2,50	-----	2,29
G	1,69	1,7751	0,9159	17,29	3,90	-----	3,57
H	1,69	1,7751	0,9159	21,23	3,90	-----	3,57
I	2,55	1,1765	1,9388	19,26	5,45	-----	10,57
J	1,12	2,6786	0,3669	0,56	9,60	-----	3,52
K	2,08	1,4423	1,3648	5,56	9,60	-----	13,10
L	2,08	1,4423	1,3648	11,04	9,60	-----	13,10
M	2,11	1,4218	1,4006	16,52	9,60	-----	13,45
N	1,14	2,6316	0,3829	21,51	9,60	-----	3,68
	24,87	Sumatorias	14,8046				72,45

Muro	Longitud	H/L	Rigidez	Distancia en X	Distancia en Y	R*X	R*Y
1	7,10	0,4225	7,4465	0,00	6,28	0,00	-----
2	7,10	0,4225	7,4465	5,55	6,28	41,33	-----
3	7,10	0,4225	7,4465	11,00	6,28	81,91	-----
4	7,10	0,4225	7,4465	16,50	6,28	122,87	-----
5	5,77	0,5199	5,8816	19,25	6,83	113,22	-----
6	7,10	0,4225	7,4465	22,00	6,28	163,82	-----
7	2,50	1,2000	1,8769	0,00	1,33	0,00	-----
	43,77	Sumatorias	44,9908			523,15	

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XX. Centro de rigidez segundo nivel

Muro	Longitud	H/L	Rigidez	Distancia en X	Distancia en Y	R*X	R*Y
A	3,40	0,8824	2,9992	1,70	0,00	-----	0,00
B	1,21	2,4793	0,4410	0,68	2,50	-----	1,10
C	1,21	2,4793	0,4410	6,08	2,50	-----	1,10
D	1,21	2,4793	0,4410	11,57	2,50	-----	1,10
E	1,69	1,7751	0,9159	17,29	2,50	-----	2,29
F	1,12	2,6786	0,3669	0,56	9,60	-----	3,52
G	2,08	1,4423	1,3648	5,56	9,60	-----	13,10
H	2,08	1,4423	1,3648	11,04	9,60	-----	13,10
I	2,11	1,4218	1,4006	16,52	9,60	-----	13,45
J	1,14	2,6316	0,3829	21,51	9,60	-----	3,68
	17,25	Sumatorias	10,1179				52,44

Muro	Longitud	H/L	Rigidez	Distancia en X	Distancia en Y	R*X	R*Y
1	7,10	0,4225	7,4465	0,00	6,13	0,00	-----
2	7,10	0,4225	7,4465	5,55	6,13	41,33	-----
3	7,10	0,4225	7,4465	11,00	6,13	81,91	-----
4	7,10	0,4225	7,4465	16,50	6,13	122,87	-----
5	7,10	0,4225	7,4465	22,00	6,13	163,82	-----
6	2,50	1,2000	1,8769	0,00	1,33	0,00	-----
	38,00	Sumatorias	39,1092			409,93	

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.1.8.3. Resultados parciales para el primer nivel

Se presentan los resultados parciales que da el análisis simplista para el primer y segundo nivel, con los datos siguientes se realizan los cálculos del centro de masa de muros, centro de rigidez de muros, y por último el centro de masa de entrepiso.

Tabla XXI. Resultados parciales

Resultados del primer nivel					
Lx =	24,87	m	L*X =	803,65	
Ly =	43,77	m	L*Y =	392,17	
L =	68,64	m			
Rx =	14,8046		R*X =	523,1481	
Ry =	44,9908		R*Y =	72,4455	

Resultados del segundo nivel					
Lx =	17,25	m	L*X =	542,57	
Ly =	38,00	m	L*Y =	316,13	
L =	55,25	m			
Rx =	10,1179		R*X =	409,9280	
Ry =	39,1092		R*Y =	52,4444	

Centro de masa de los muros					
X cm =	L * X / L		11,71		
Y cm =	L * Y / L		5,71		

Centro de masa de los muros					
X cm =	L * X / L		9,82		
Y cm =	L * Y / L		5,72		

Centro de rigidez de los muros					
X cr =	R * X / Ry		11,63	m	
Y cr =	R * Y / Rx		4,89	m	

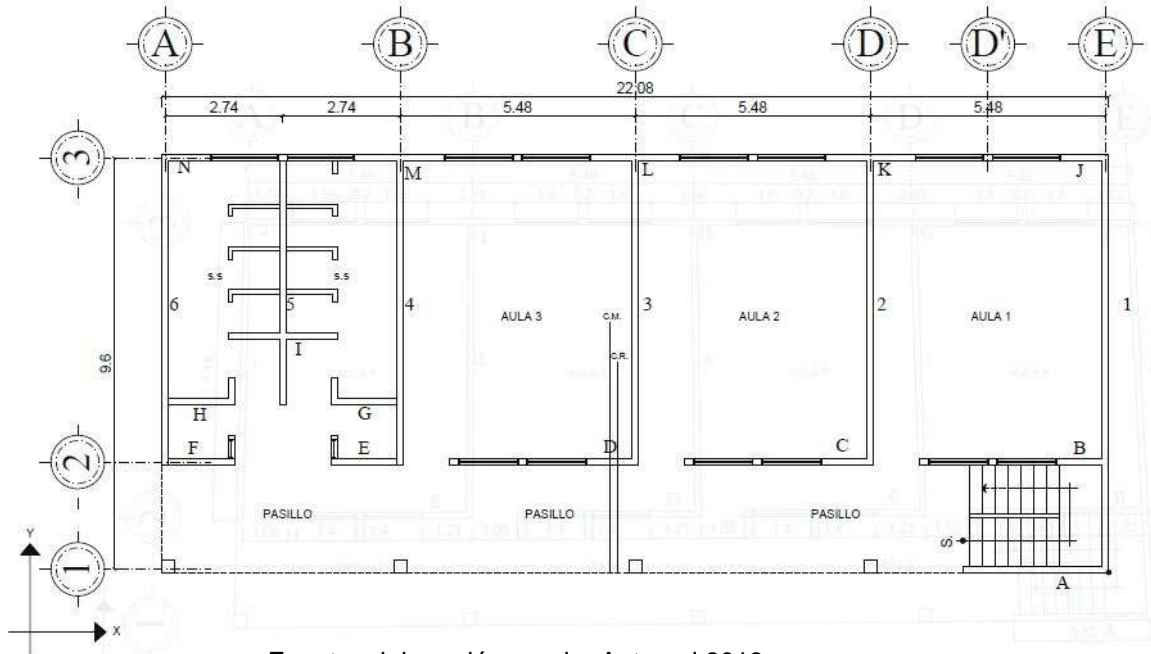
Centro de rigidez de los muros					
X cr =	R * X / Ry		10,48	m	
Y cr =	R * Y / Rx		5,18	m	

Centro de masa del entrepiso					
X cm =	11,39	m			
Y cm =	5,03	m			

Centro de masa de la losa					
X cm =	11,04	m			
Y cm =	4,88	m			

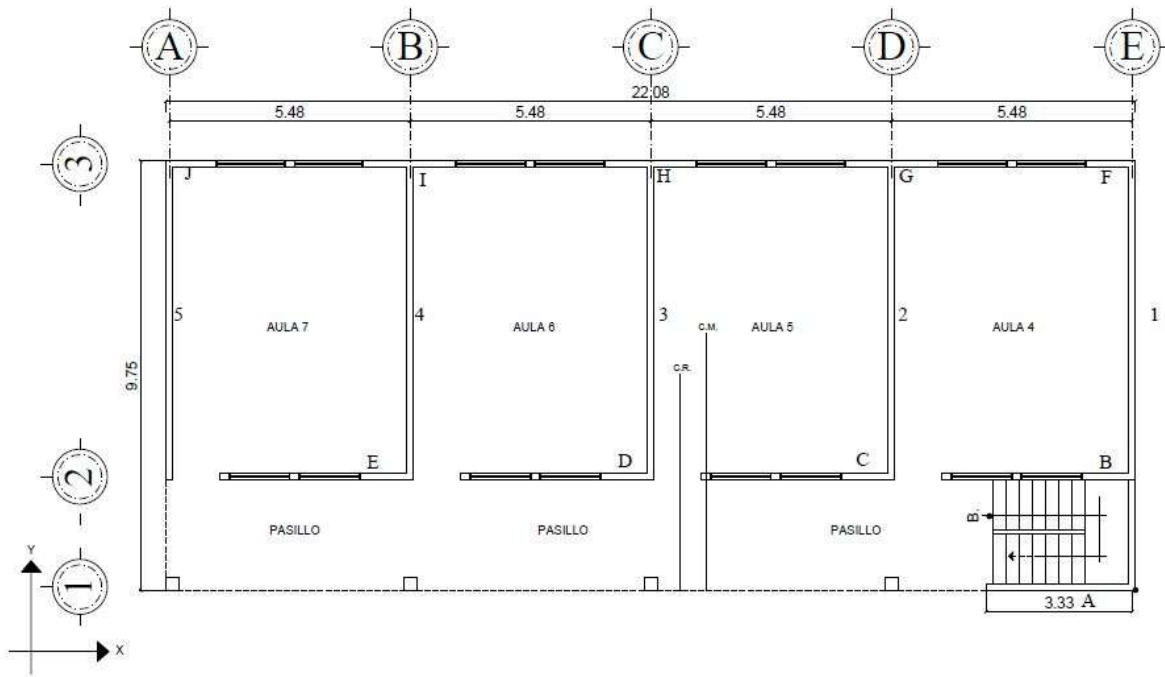
Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Figura 11. **Planta dentro de masa y centro de rigidez primer nivel**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

Figura 12. **Planta dentro de masa y centro de rigidez segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

Centro de masa combinado (losa + muros) para el primer nivel

W losa entrepiso = CM entrepiso * área de la losa de entrepiso

$$W \text{ losa entrepiso} = 408,00 \text{ kg/m}^2 * 207,16 \text{ m}^2 = \mathbf{84\ 521,28 \text{ kg}}$$

W muros del 1er nivel = CM muros * Perímetro de muros* altura de muros

$$W \text{ muros del 1er nivel} = 210,00 \text{ kg/m}^2 * 68,64 \text{ m} * 3,00 \text{ m} = \mathbf{43\ 243,20 \text{ kg}}$$

Entrepiso

$$X = \frac{84\ 521,28 \text{ kg} * 11,39 \text{ m} + 43\ 243,20 \text{ kg} * 11,71 \text{ m}}{84\ 521,28 + 43\ 243,20} = 11,50 \text{ m}$$

$$Y = \frac{84\ 521,28 \text{ kg} * 5,03 \text{ m} + 43\ 243,20 \text{ kg} * 5,71 \text{ m}}{84\ 521,28 + 43\ 243,20} = 5,26 \text{ m}$$

Se toma como resultado

$$X_{cm} = 11,50 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = 5,26 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad con respecto al centro de rigidez

$$e'x = X_{cr} - X_{cm} \quad 11,63 - 11,50 = 0,13 \text{ m}$$

$$e'y = Y_{cr} - Y_{cm} \quad 4,89 - 5,26 = 0,37 \text{ m}$$

Excentricidad mínima será el 5 por ciento de la dimensión perpendicular a la fuerza aplicada.

$$\text{Sentido X} = 5\% * (22,08 \text{ m}) = 1,10 \text{ m}$$

$$\text{Sentido Y} = 5\% * (9,75 \text{ m}) = 0,49 \text{ m}$$

Excentricidad

$$e_x = e_x (\text{calculada}) + 0,05 L_x = 0,13 \text{ m} + 1,10 \text{ m} = 1,23 \text{ m}$$

$$e_y = e_y \text{ (calculada)} + 0,05 L_y = 0,37 \text{ m} + 0,49 \text{ m} = 0,86 \text{ m}$$

Centro de masa combinado (losa + muros) para el segundo nivel

$$W \text{ losa del techo} = \text{CM techo} * \text{área de losa}$$

$$W \text{ losa del techo} = 363,00 \text{ kg/m}^2 * 215,28 \text{ m}^2 = \mathbf{78\ 146,64 \text{ kg}}$$

$$W \text{ muros del 2do nivel} = \text{CM muros} * \text{Perímetro de muros} * \text{altura de muros}$$

$$W \text{ muros del 2do nivel} = 210,00 \text{ kg/m}^2 * 55,25 \text{ m} * 3,00 \text{ m} = \mathbf{34\ 807,50 \text{ kg}}$$

Techo

$$X = \frac{78\ 146,64 \text{ kg} * 11,04 \text{ m} + 34\ 807,50 \text{ kg} * 9,82 \text{ m}}{78\ 146,64 + 34\ 807,50} = 10,66 \text{ m}$$

$$Y = \frac{78\ 146,64 \text{ kg} * 4,88 \text{ m} + 34\ 807,50 \text{ kg} * 5,72 \text{ m}}{78\ 146,64 + 34\ 807,50} = 5,14 \text{ m}$$

Se toma como resultado

$$X \text{ cm} = 10,66 \text{ m}$$

$$Y \text{ cm} = 5,14 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad con respecto al centro de rigidez

$$e'_x = X_{cr} - X_{cm} \quad 10,48 - 10,66 = 0,18 \text{ m}$$

$$e'_y = Y_{cr} - Y_{cm} \quad 5,18 - 5,14 = 0,04 \text{ m}$$

Excentricidad mínima será el 5 por ciento de la dimensión perpendicular a la fuerza aplicada.

$$\text{Sentido X} = 5\% * (22,08 \text{ m}) = 1,10 \text{ m}$$

$$\text{Sentido Y} = 5\% * (9,75 \text{ m}) = 0,49 \text{ m}$$

EXCENTRICIDAD

$$e_x = e_x (\text{calculada}) + 0,05 L_x = 0,18 \text{ m} + 1,10 \text{ m} = 1,28 \text{ m}$$

$$e_y = e_y (\text{calculada}) + 0,05 L_y = 0,04 \text{ m} + 0,49 \text{ m} = 0,53 \text{ m}$$

2.1.9. Distribución de cargas y momentos en los muros

Para distribuir todas las fuerzas y los momentos en cada uno de los muros se emplea las siguientes fórmulas:

Fuerza cortante

Las fuerzas de corte se distribuirán de acuerdo con las rigideces relativas de los muros:

$$F_v = \frac{R}{\sum R} * 2V$$

Los muros de mampostería reforzada, que deberán resistir fuerzas horizontales de sismo, se diseñarán para resistir dos veces la fuerza de corte que actúa sobre ellas.

$$2V = \text{Corte}$$

En la tabla XXII se presentan los resultados finales.

Fuerzas torsionales

Las fuerzas de corte debidas al momento torsionante sobre el edificio se obtendrán por medio de la siguiente fórmula:

$$F_T = \frac{Rd}{\sum Rd^2} * M_T$$

Donde: $M_T = e * V$

En la tabla XXII se presentan los resultados finales.

Distribución de momentos de volteo

Los momentos de volteo se distribuirán de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$M_{volteo} = \frac{R}{\sum R} * M_v$$

En la tabla XXII se presentan los resultados finales.

2.1.9.1. Resultados del análisis de mampostería

A continuación, se presentan tablas de los resultados finales del análisis de mampostería, donde se observa los momentos finales inducidos en cada tramo de muro para posteriormente proceder al diseño de los muros.

Tabla XXII.

Resultado de análisis para el primer nivel sentido X

RESULTADOS DE ANALISIS DE MAMPOSTERIA PARA EL PRIMER NIVEL EN SENTIDO X													
CORTE = 2°V=	2	44.85	89.7	ton								e'y =	0.86
ey= ey + e min y			1.35	m								e min y =	0.49
momento de torsion=	corde * ey		60.55	ton - m									
momento de volteo			213.96	ton - m									
y cr			4.89	m									
dy = Y - Y cr			-----										
altura de muros			3	m									
MURO	RIGIDEZ	DISTANCI A "y" (VALOR ABS)	dy (abs)	dy	dy/2	R * dY	R * dY2	FV	FT	F= FV + FT	Mvi	M ti	Momento distribuido
A	2.999200	0.0000	4.8900	-4.89	23.9121	-14.666088	71.717170	18.1719	-4.4311	13.7408	43.3452	-13.2934	43.3452
B	0.441000	2.5000	2.3900	-2.39	5.7121	-1.053990	2.519036	2.6720	-0.3184	2.3535	6.3734	-0.9553	6.3734
C	0.441000	2.5000	2.3900	-2.39	5.7121	-1.053990	2.519036	2.6720	-0.3184	2.3535	6.3734	-0.9553	6.3734
D	0.441000	2.5000	2.3900	-2.39	5.7121	-1.053990	2.519036	2.6720	-0.3184	2.3535	6.3734	-0.9553	6.3734
E	0.915900	2.5000	2.3900	-2.39	5.7121	-2.189001	5.231712	5.5494	-0.6614	4.8880	13.2368	-1.9841	13.2368
F	0.915900	2.5000	2.3900	-2.39	5.7121	-2.189001	5.231712	5.5494	-0.6614	4.8880	13.2368	-1.9841	13.2368
G	0.915900	3.9000	0.9900	-0.99	0.9801	-0.906741	0.897674	5.5494	-0.2740	5.2754	13.2368	-0.8219	13.2368
H	0.915900	3.9000	0.9900	-0.99	0.9801	-0.906741	0.897674	5.5494	-0.2740	5.2754	13.2368	-0.8219	13.2368
I	1.938800	5.4500	0.5600	0.56	0.3136	1.085728	0.608008	11.7470	0.3280	12.0751	28.0201	0.9841	29.0042
J	0.366900	9.6000	4.7100	4.71	22.1841	1.728099	8.139346	2.2230	0.5221	2.7451	5.3025	1.5664	6.8689
K	1.364800	9.6000	4.7100	4.71	22.1841	6.428208	30.276860	8.2692	1.9422	10.2114	19.7245	5.8265	25.5510
L	1.364800	9.6000	4.7100	4.71	22.1841	6.428208	30.276860	8.2692	1.9422	10.2114	19.7245	5.8265	25.5510
M	1.400600	9.6000	4.7100	4.71	22.1841	6.596826	31.071050	8.4861	1.9931	10.4793	20.2418	5.9794	26.2212
N	0.382900	9.6000	4.7100	4.71	22.1841	1.803459	8.494292	2.3200	0.5449	2.8648	5.5338	1.6347	7.1684
SUMATORIAS	14.804600						200.399466				213.9600		

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXIII.

Resultado de análisis para el primer nivel sentido Y

RESULTADOS DE ANALISIS DE MAMPOSTERIA PARA EL PRIMER NIVEL EN SENTIDO Y													
CORTE = 2*V=	2	59,7	119,4	ton								e'x =	1,23
ex= e'x + e min x			2,33	m								e min x =	1,1
momento de torsion=	corte * ex		139,101	ton - m									
momento de volteo			284,82	ton - m									
x cr			11,63	m									
dx = X - X cr			-----										
altura de muros			3	m									
MURO	RIGIDEZ	DISTANCIA "x" (VALOR ABS)	dx (abs)	dx	dx2	R * dx	R * dx2	FV	FT	F= FV + FT	Mwi	Mti	Momento distribuido
1	7,446466	0,0000	11,6300	-11,63	135,2569	-86,602401	1007,1859	19,7620	-4,2364	15,5256	47,1408	-12,7093	47,1408
2	7,446466	5,4800	6,1500	-6,15	37,8225	-45,795767	281,6440	19,7620	-2,2402	17,5218	47,1408	-6,7207	47,1408
3	7,446466	10,9700	0,6600	-0,66	0,4356	-4,914668	3,2437	19,7620	-0,2404	19,5216	47,1408	-0,7212	47,1408
4	7,446466	16,4500	4,8200	4,82	23,2324	35,891967	172,9993	19,7620	1,7558	21,5178	47,1408	5,2673	52,4081
5	5,881568	19,1900	7,5600	7,56	57,1536	44,464654	336,1528	15,6990	2,1751	17,7841	37,2340	6,5254	43,7594
6	7,446466	21,92	10,2900	10,29	105,8841	76,6241	788,4624	19,7620	3,7483	23,5103	47,1408	11,2449	58,3858
7	1,876877	0	11,6300	-11,63	135,2569	-21,828078	253,8605	4,9810	-1,0678	3,9132	11,8818	-3,2034	11,8818
SUMATORIAS	44,990775						2843,5485				284,8200		

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXIV.

Resultado de análisis para el segundo nivel sentido X

RESULTADOS DE ANALISIS DE MAMPOSTERIA PARA EL SEGUNDO NIVEL EN SENTIDO X													
CORTE = 2*V= ey=ey'+e min y momento de torsion= momento de volteo y or dy = Y - Y or altura de muros	2	26,47	52,94	ton								e'y =	0,53
				1,02	m							e min y =	0,49
	corde * ey			26,9994	ton - m								
				79,41	ton - m								
				5,18	m								

			3	m									

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXV.

Resultado de análisis para el segundo nivel sentido Y

RESULTADOS DE ANALISIS DE MAMPOSTERIA PARA EL SEGUNDO NIVEL EN SENTIDO Y													
CORTE= 2*V=	2	35,24	70,48	ton								e'x =	1,28
ex= e'x + e min x			2,39	m								e min x =	1,11
momento de torsion=	corde * ey		84,2236	ton - m									
momento de volteo			105,72	ton - m									
x or			10,48	m									
dx = X - X or			-----										
altura de muros			3	m									
MURO	RIGIDEZ	DISTANCIA "x" (VALOR ABS)	dx (abs)	dx	dx2	R * dx	R * dx2	FV	FT	F= FV + FT	Mwi	Mti	Momento distribuido
1	7,446466	0,0000	10,4800	-10,48	109,8304	-78,0390	817,8484	13,4195	-2,6807	10,7388	20,1293	-8,0421	20,1293
2	7,446466	5,4800	5,0000	-5,00	25,0000	-37,232331	186,1617	13,4195	-1,2790	12,1406	20,1293	-3,8369	20,1293
3	7,446466	10,9700	0,4900	0,49	0,2401	3,648768	1,7879	13,4195	0,1253	13,5449	20,1293	0,3760	20,5053
4	7,446466	16,4500	5,9700	5,97	35,6409	44,455403	265,3988	13,4195	1,5271	14,9466	20,1293	4,5812	24,7105
5	7,446466	21,92	11,4400	11,44	130,8736	85,1876	974,5458	13,4195	2,9262	16,3458	20,1293	8,7787	28,9080
6	1,876877	0	10,4800	-10,48	109,8304	-19,669670	206,1381	3,3824	-0,6757	2,7067	5,0736	-2,0270	5,0736
SUMATORIAS	39,109207						2451,8806				105,7200		

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXVI. **Tabla resumen de fuerzas aplicadas del primer nivel**

EJE X- X				
PRIMER NIVEL				
muro	fx (Ton)	Fx (Kg)	M dis (Ton - m)	M dis (kg - m)
A	13,74	13740,81	43,35	43345,23
B	2,35	2353,54	6,37	6373,45
C	2,35	2353,54	6,37	6373,45
D	2,35	2353,54	6,37	6373,45
E	4,89	4888,00	13,24	13236,83
F	4,89	4888,00	13,24	13236,83
G	5,28	5275,41	13,24	13236,83
H	5,28	5275,41	13,24	13236,83
I	12,08	12075,08	29,00	29004,16
J	2,75	2745,14	6,87	6868,89
K	10,21	10211,40	25,55	25550,99
L	10,21	10211,40	25,55	25550,99
M	10,48	10479,26	26,22	26221,22
N	2,86	2864,85	7,17	7168,43
EJE Y-Y				
PRIMER NIVEL				
muro	fx (ton)	Fx (KG)	M dis (ton - m)	M dis (kg - m)
1	15,53	15525,58	47,14	47140,83
2	17,52	17521,77	47,14	47140,83
3	19,52	19521,59	47,14	47140,83
4	21,52	21517,77	52,41	52408,13
5	17,78	17784,09	43,76	43759,42
6	23,51	23510,32	58,39	58385,75
7	3,91	3913,21	11,88	11881,82

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXVII. **Tabla resumen de fuerzas aplicadas del segundo nivel**

EJE X- X				
SEGUNDO NIVEL				
muro	fx (ton)	Fx (KG)	M dis (ton - m)	M dis (kg - m)
A	15,6708	15670,76	23,54	23538,93
B	2,3056	2305,57	3,46	3460,85
C	2,3056	2305,57	3,46	3460,85
D	2,3056	2305,57	3,46	3460,85
E	4,7887	4788,67	7,19	7188,19
F	1,9221	1922,09	2,89	2886,55
G	7,1494	7149,44	10,74	10736,90
H	7,1494	7149,44	10,74	10736,90
I	7,3373	7337,33	11,02	11019,06
J	2,0056	2005,61	3,01	3011,99
EJE Y-Y				
SEGUNDO NIVEL				
muro	fx (ton)	Fx (KG)	M dis (ton - m)	M dis (kg - m)
1	10,74	10738,84	20,13	20129,29
2	12,14	12140,57	20,13	20129,29
3	13,54	13544,86	20,51	20505,30
4	14,95	14946,59	24,71	24710,50
5	16,35	16345,77	28,91	28908,02
6	2,71	2706,72	5,07	5073,57

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.1.10. Esfuerzos admisibles

Seguidamente, se calcularán los esfuerzos admisibles de los muros de mampostería, esto servirá para compararlos con los esfuerzos actuantes en cada muro y así poder realizar un diseño óptimo para el edificio.

2.1.10.1. Cálculo del máximo esfuerzo axial permitido

Según las normas AGIES, se define como el esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior, en kilogramos por centímetro cuadrado, el cual no deberá exceder al valor calculado con la siguiente fórmula:

$$Fa = 0,20 * f'm * \left(1 - \left(\frac{h}{40 * t}\right)^3\right)$$

Nota: Se supone una mala supervisión, por ello, se usará un factor de seguridad $Fs.= 2$

$$Fa = 0,5 * 0,20 * 70 \frac{kg}{cm^2} * \left(1 - \left(\frac{290}{40 * 14}\right)^3\right) = 6,03 \frac{kg}{cm^2}$$

Para este caso se calcula el esfuerzo axial actuante, para ser comparado con el esfuerzo axial permitido, donde se describe por medio de la fórmula siguiente:

Cálculo del esfuerzo axial actuante (fa)

$$fa = \frac{Wu}{b * t}$$

Donde:

Wu = momento último inducido en el muro

b = base del muro (para este caso espesor del muro siendo de 14 cm)

t = longitud del muro (para este caso es de 710 cm, para el muro de análisis)

$$fa = \frac{4\,451,95 * 7,10}{14 * 710} = 3,18$$

Como se observa en los valores obtenidos, el esfuerzo axial permitido es mayor que el esfuerzo axial actuante, por lo tanto, se chequea este parámetro.

Cálculo del esfuerzo flexionante máximo permitido para mampostería

Según el AGIES este se define como el esfuerzo de compresión producido por la flexión, en kilogramos por centímetro cuadrado, el cual no deberá exceder al valor obtenido con:

$$Fb = 0,33 * f'm$$
$$Fb = 0,5 * 0,33 * 70kg/cm^2 = 11.55 kg/cm^2$$

Para este caso, se calcula el esfuerzo flexionante actuante, para ser comparado con el esfuerzo flexionante permitido, donde se describe por medio de la fórmula siguiente:

Cálculo del esfuerzo flexionante (fb)

$$fb = \frac{6My}{t * l^2}$$

Donde:

Wy = momento último inducido en el muro

t = base del muro (para este caso espesor del muro siendo de 14 cm)

l = longitud del muro (para este caso es de 710 cm, para el muro de análisis)

$$fb = \frac{6 * 47\,140,83 * 100}{14 * 710^2} = 4,01$$

$$FB = \left(1.33 - \frac{fa}{Fa}\right) * Fb$$

$$FB = \left(1.33 - \frac{3,18}{6.03}\right) * 8,25 = 6,62$$

Como se observa los valores obtenidos, el esfuerzo flexionante permitido es mayor que el esfuerzo flexionante actuante, por lo tanto se chequea este parámetro.

2.1.10.2. Cálculo del esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte en muros producido por fuerzas laterales, en kilogramos por centímetro cuadrado, no deberá de exceder al valor calculado de acuerdo con:

$$Fv = 0,30 * \sqrt{f'm}$$
$$Fv = 0,30 * \sqrt{70 \frac{kg}{cm^2}} = 2,50 \text{ kg/cm}^2$$

Para este caso se calcula el esfuerzo de corte actuante, para ser comparado con el esfuerzo de corte permitido, donde se describe por medio de la fórmula siguiente:

Cálculo del corte unitario (fv)

$$fv = \frac{F}{t * l}$$

Donde:

F = fuerza total inducida a la estructura.

t = base del muro (para este caso espesor del muro siendo de 14 cm)

l = longitud del muro (para este caso es de 710 cm, para el muro de análisis)

$$fv = \frac{19\,521,59}{14 * 710} = 1,96$$

Como se observa los valores obtenidos, el esfuerzo de corte permitido es mayor que el esfuerzo de corte actuante, por lo tanto, se revisa este parámetro.

2.1.10.3. Cálculo del esfuerzo de tensión

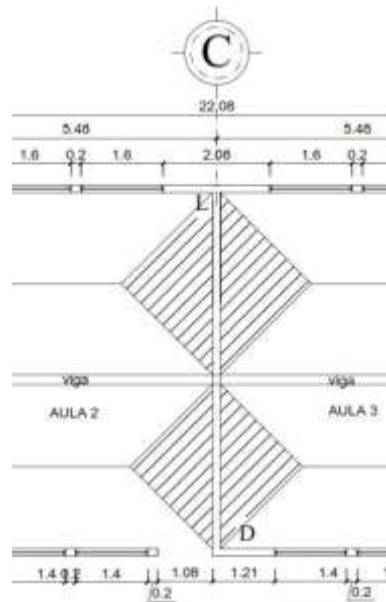
El esfuerzo de tensión en las barras de acero de refuerzo, en kilogramos por centímetro cuadrado, no deberá exceder al valor indicado según la fórmula siguiente:

$$F_s = 0,40 * f_y$$
$$F_s = 0,40 * 2\,810,00 \frac{kg}{cm^2} = 1\,124,00 \frac{kg}{cm^2}$$

2.1.11. Diseño de los muros críticos

Los muros críticos son los que están más alejados de los ejes, para este caso se analizara el muro "3". Una vez se tienen los esfuerzos admisibles para mampostería, se calculan los esfuerzos actuantes, con los datos que el análisis simplista, debido a las dimensiones de la losa se emplearán vigas para dividir los ambientes, de esta manera se establecerán las áreas tributarias a los muros de mampostería por diseñar.

Figura 13. Área tributaria



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

Área tributaria de losa = 12,27 m²

Carga muerta que afecta el muro

$$CM = \left(\frac{363,00 * 12,27}{7,10} + \frac{408,00 * 12,27}{7,10} + 2 * 210,00 * 2,90 \right) = 2\,550,42 \text{ kg/m}$$

Carga viva que afecta el muro

$$CV = \left(\frac{200,00 * 12,27}{7,10} + \frac{100 * 12,27}{7,10} \right) = 518,45 \text{ kg/m}$$

$$C \text{ última} = 1,4 * 2\,550,42 + 1,7 * 518,45 = 4\,451,95 \text{ kg/m}$$

Cálculo del esfuerzo axial actuante (fa)

$$fa = \frac{Wu}{b * t}$$

$$fa = \frac{4\,451,95 * 7,10}{14 * 710} = 3,18$$

Cálculo del corte unitario (fv)

$$fv = \frac{F}{t * l}$$

$$fv = \frac{19\,521,59}{14 * 710} = 1,96$$

Cálculo del esfuerzo flexionante (fb)

$$fb = \frac{6My}{t * l^2}$$

$$fb = \frac{6 * 47\,140,83 * 100}{14 * 710^2} = 4,01$$

$$FB = \left(1.33 - \frac{fa}{Fa}\right) * Fb$$

$$FB = \left(1.33 - \frac{3,18}{6.03}\right) * 8,25 = 6,62$$

Relación modular

La relación modular está en función de la rigidez lateral de los muros de mampostería y en función de la inercia del muro, para ello se calcula los factores necesarios para poder determinar la rigidez lateral.

Parte de los datos para el diseño son el esfuerzo axial, esfuerzo a corte y el esfuerzo flexionante, dichos valores son lo siguiente:

Esfuerzos actuantes experimentales.

$$Fa = 6,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fv = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fb = 11,55 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos actuantes en función a diseño.

$$Fa = 3,18 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fv = 1,96 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fb = 4,01 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del factor geométrico “n”

$$n = \frac{E_s}{E_m}$$

Donde:

E_s Módulo de elasticidad del concreto

E_m Módulo de elasticidad de la mampostería

Estos valores son los siguientes:

$$n = \frac{2,16E6}{750 * 70} = 40$$

Cálculo del momento de inercia polar (J)

El momento de inercia polar es la suma de todas las rigideces por la distancia al centro de rigidez de los muros que resisten la fuerza lateral:

$$J = \sum_{i=1}^n d_i^2 k_i$$

En la tabla XXIII se presentan los resultados finales.

Cálculo del factor k

El factor de k, es utilizado para calcular el área a compresión equivalente de la mampostería:

$$K = \frac{1}{1 + \frac{F_s}{n * F_b}}$$

En la tabla XXVIII se presentan los resultados finales.

Cálculo de j

Es la distancia del centro de fuerzas a compresión al centro de fuerzas a tensión, para una distancia d, la cual se utiliza para el cálculo del momento interno en el muro.

$$J = 1 - \frac{k}{3}$$

Cálculo del factor K

$$K = \frac{1}{1 + \frac{1\,124}{40 * 6,62}} = 0.19$$

Cálculo de J

$$J = 1 - \frac{0,19}{3} = 0,93$$

Cálculo de la cuantía de acero requerido

$$\rho = \frac{M}{f_s * J * b * d^2}$$

Área de acero $A_s = \rho * b * d$

Donde:

M = 47,14 Ton-m

F_s = 1 124 kg/cm²

J = 0.94

B = 14 cm

D= 7

$$\rho = \frac{47,14 * 1\,000 * 100}{1\,124 * 0,94 * 14 * 710^2} = 0.0006322$$

Determinación del área de acero

Determinación de la cuantía por muro

Encontrando la cuantía, se puede determinar el área de acero que requiere el muro para trabajar bajo las sollicitaciones de tensión y flexión el

sistema, además de verificar que la misma se encuentra dentro de los límites mínimos permitidos.

$$\rho = \frac{M}{f_s * J * b * d^2}$$

$$\text{Área de acero } A_s = \rho * b * d$$

$$A_s \text{ requerido} = 0.0006322 * 14 * 710 = 6,74 \text{ cm}^2$$

Determinación del área de acero mínimo

$$A_s \text{ mínimo en columnas} = 0,0007 * b * h$$

$$A_s \text{ minimo} = 0.0007 * 14 * 710 = 6,96 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ requerido} < A_s \text{ mínimo}$$

Según el análisis necesitamos reforzar el muro con un área de acero total de 6,69 cm², ya que el área de acero requerido es menor al área de acero mínimo, a continuación, se presentan las cantidades de área de acero mínimo y área de acero requerido para cada muro.

Tabla XXVIII. **Áreas de acero para muros del primer nivel**

Muro No.	Longitud (m)	AS MINIMO COLUMNAS (cm ²)	AS REQUERIDO (cm ²)
1	7,10	6,96	6,84
2	7,10	6,96	6,74
3	7,10	6,96	6,74
4	7,10	6,96	7,46
5	7,10	5,65	7,74
6	7,10	6,96	8,43
7	2,50	2,45	4,71

A	3,4	3,33	13,34
B	1,21	1,19	6,04
C	1,21	1,19	6,05
D	1,21	1,19	6,05
E	1,69	1,66	8,60
F	1,69	1,66	8,60
G	1,69	1,66	8,58
H	1,69	1,66	8,58
I	2,55	2,50	11,73
J	1,12	1,10	7,19
K	2,08	2,04	13,44
L	2,08	2,04	13,44
M	2,11	2,07	13,58
N	1,14	1,12	7,36

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXIX. **Áreas de acero para muros del segundo nivel**

Muro No.	Longitud (m)	AS MINIMO COLUMNAS (cm ²)	AS REQUERIDO (cm ²)
1	7,10	6,96	2,92
2	7,10	6,96	2,88
3	7,10	6,96	2,93
4	7,10	6,96	3,53
5	7,10	6,96	4,20
6	2,50	2,45	2,19

A	3,33	3,33	7,25
B	1,21	1,19	3,27
C	1,21	1,19	3,28
D	1,21	1,19	3,19
E	1,69	1,66	4,72
F	1,12	1,10	3,02
G	2,08	2,04	5,65
H	2,08	2,04	5,65
I	2,11	2,07	5,71
J	1,14	1,12	3,09

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Como se observa en la tabla anterior el valor calculado del área de acero necesario para resistir el momento de volteo en algunos muros es menor al área de acero mínimo requerido, por esa razón se tomarán las áreas de acero mínimo en los casos que se requiera.

Las áreas de acero calculados previamente se distribuirán en los muros por medio de columnas principales y secundarias, AGIES establece que para columnas aisladas las dimensiones mínimas serán de 290 mm por lo tanto se emplearán estas columnas para el área del pasillo, y para garantizar la rigidez de la estructura se emplearán los criterios establecidos en AGIES, los cuales

indican que, en cada esquina de muros, se deberá colocar una columna principal e intermedias una columna secundaria, para ello, se establecen los siguientes armados y secciones de columnas.

Área de acero en columna C-A

El área de acero de una varilla No. 4 (1/2") es de 1,29 cm²

$$A_s = 1,29 * 4 = 5.16 \text{ cm}^2$$

Figura 14. **Columna C-A**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

El área de acero comprendida por sección bruta de concreto debe estar entre el 0.8% y 3 % de la sección, por lo tanto, se calcula el porcentaje de área de acero.

$$A_s = \frac{4 * 1.29}{14 * 20} * 100 = 1,84\%$$

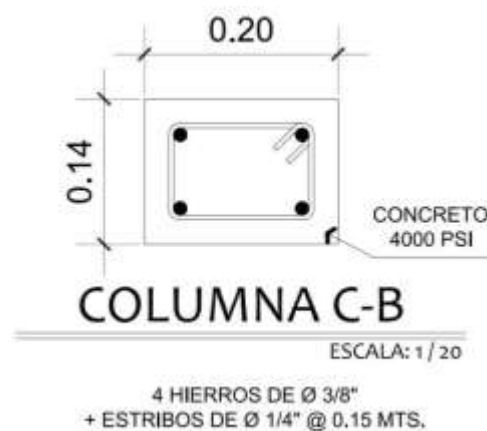
El área de acero está en 1.84% por lo tanto se cumple con este chequeo.

Área de acero en columna C-B

El área de acero de una varilla No. 3 (3/8") es de 0,71 cm²

$$A_s = 0,71 * 4 = 2,84 \text{ cm}^2$$

Figura 15. **Columna C-B**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

El área de acero comprendida por sección bruta de concreto debe estar entre el 0.8% y 3 % de la sección por lo tanto se calcula el porcentaje de área de acero.

$$A_s = \frac{4 * 0,71}{14 * 20} * 100 = 1.01\%.$$

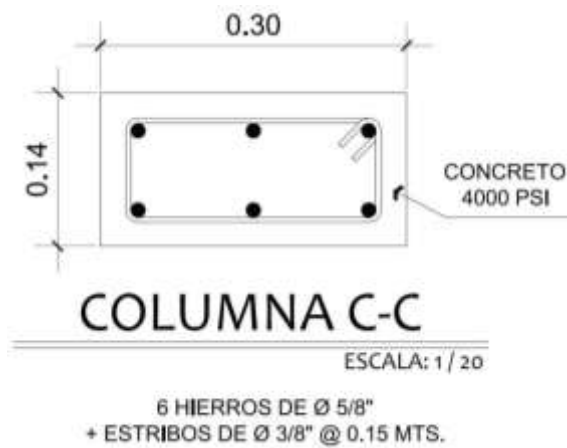
El área de acero está en 1,01 % por lo tanto, se cumple con esta revisión.

Área de acero en columna C-C

El área de acero de una varilla No. 5 (5/8") es de 1,98 cm².

$$A_s = 1.98 * 6 = 11.88 \text{ cm}^2$$

Figura 16. **Columna C-C**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

El área de acero comprendida por sección bruta de concreto debe estar entre el 0,8% y 3 % de la sección por lo tanto se calcula el porcentaje de área de acero.

$$As = \frac{6 * 1.98}{14 * 30} * 100 = 2.82 \%$$

El área de acero está en 1,26 % por lo tanto se cumple con esta revisión.

Área de acero en columna C-D

El área de acero de una varilla No. 3 (3/8") es de 0,71 cm²

$$AS = 0,71 * 4 = 2,84 \text{ cm}^2$$

Figura 17. **Columna C-D**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

El área de acero comprendida por sección bruta de concreto debe estar entre el 0,8% y 3 % de la sección por lo tanto se calcula el porcentaje de área de acero.

$$As = \frac{4 * 0,71}{14 * 14} * 100 = 1,45 \%$$

El área de acero está en 0,95 % por lo tanto se cumple con esta revisión.

Área de acero en columna C-E

El área de acero de una varilla No. 3 (3/8") es de 0,71 cm²

$$AS = 0,71 * 4 = 2,84 \text{ cm}^2$$

Figura 18. **Columna C-E**



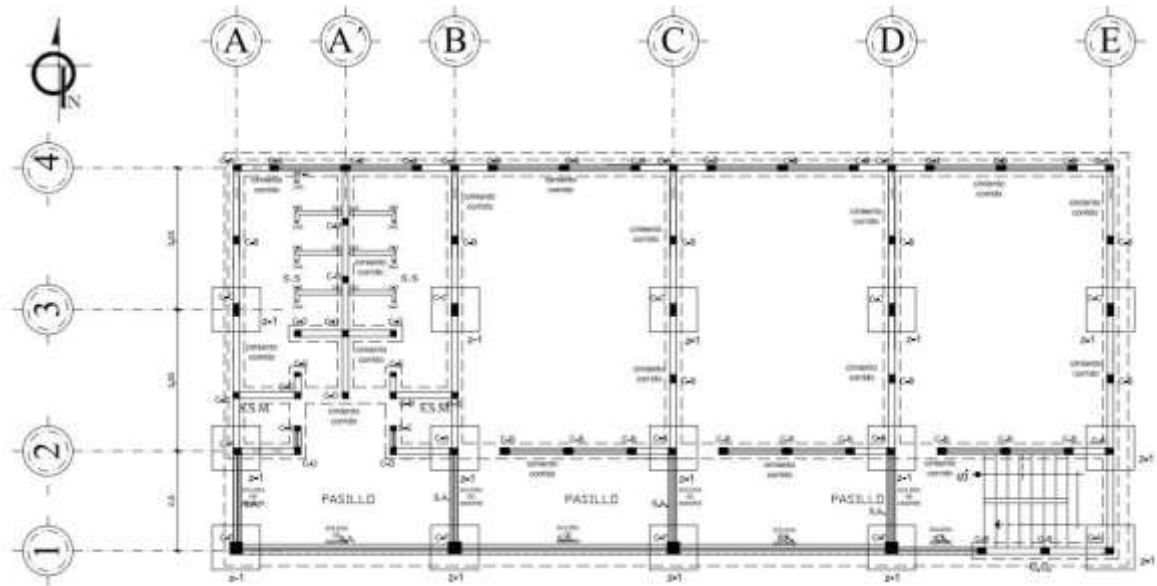
Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

El área de acero comprendida por sección bruta de concreto debe estar entre el 0,8% y 3 % de la sección por lo tanto, se calcula el porcentaje de área de acero.

$$As = \frac{2 * 0,71}{14 * 10} * 100 = 1.01 \%$$

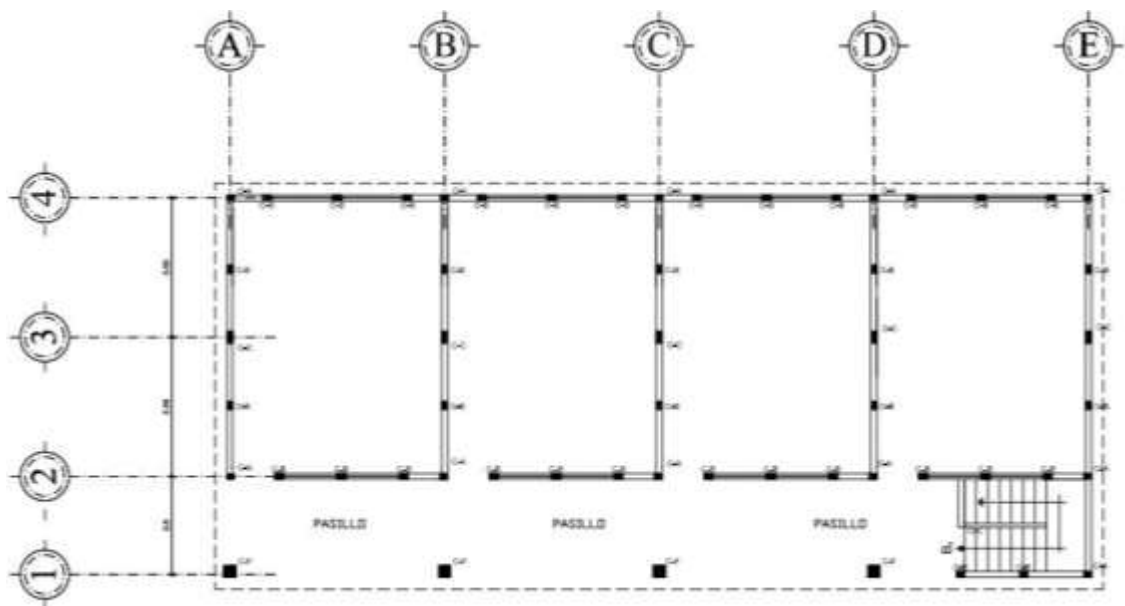
El área de acero está en 0,95 % por lo tanto se cumple con este chequeo.

Figura 19. **Distribución de columnas primer nivel**



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Figura 20. **Distribución de columnas segundo nivel**



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Diseño por corte

$$A_{sv} = \frac{f_v * S * b * \text{No. de soleras}}{f_s}$$

$$A_{sv} = \frac{S * 14 * 1,96}{1\ 124,00} = 0,02441 * S \text{ cm}^2$$

Se colocarán 3 soleras a una distancia de 1,20 metros.

Área de acero requerido para diseño a corte

$$A_{sv \text{ requerido}} = 0,02441 * 120 = 2,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{sv \text{ requerido}} = 2,93 * 3 = 8,79 \text{ cm}^2$$

Se empleará 8,79 cm² de área de acero total para resistir el corte actuante en el muro.

Área de acero mínimo para diseño a corte.

$$A_{sv \text{ minimo}} = 0,015 * b * d = 0,015 * 14 * 20 = 4,20 \text{ cm}^2$$

Nota: el área de acero calculada será empleado en las soleras, con las siguientes dimensiones.

$$A_{sv} = 0,71 * 4 = 2,84 \text{ cm}^2$$

Como se puede observar, el área de acero requerido para la solera es menor al área de acero a emplear por lo tanto se utilizarán soleras con estas dimensiones y armados.

Figura 21. **Solera intermedia, humedad**



Fuente: elaboración propia, adaptado de AGIES NSE – 7,4.

Figura 22. **Solera corona**



Fuente: elaboración propia, adaptado de AGIES NSE – 7,4.

2.1.12. **Diseño de losas**

Son elementos estructurales que funcionan como cubiertas o techos, pudiendo trabajar en 1 o 2 sentidos, esto se determina dividiendo el lado corto

entre el lado largo, cuyo resultado si es mayor de 0,5 se trabajará en 2 sentidos, en el caso contrario, trabajarlo en 1 sentido.

Cargas de diseño

Carga última de diseño:

Techo:

$$C_u = 1,4 \cdot 363 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 100 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 678,20 \text{ Kg/m}^2$$

Aulas:

$$C_u = 1,4 \cdot 408 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 200 \text{ kg/m}^2$$

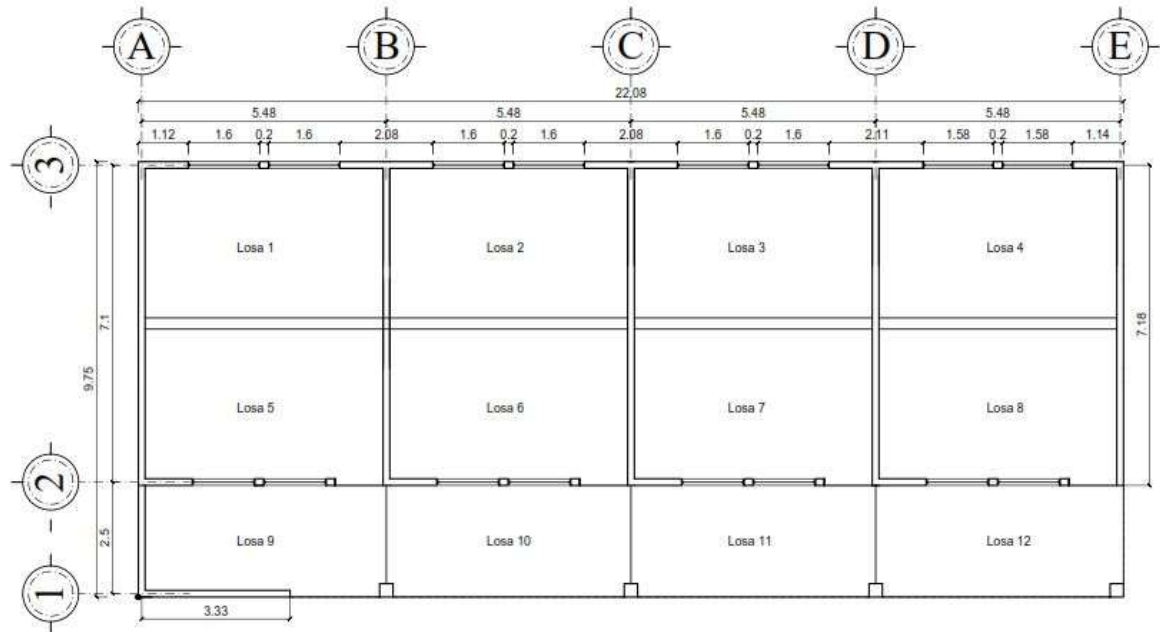
$$C_u = 911,20 \text{ Kg/m}^2$$

Pasillos:

$$C_u = 1,4 \cdot 408 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1\,421,20 \text{ Kg/m}^2$$

Figura 23. **Planta de distribución de losas finales**



Fuente: elaboración propia., Autocad 2013.

Para el diseño de las losas se aplicó el método 3 del ACI.

Diseño de losa final

Se procederá a determinar cómo trabaja la losa, en un sentido o en dos sentidos.

A = lado menor

B = lado mayor

$m = A/B > 0,5$ trabaja en dos sentidos.

Losa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

$m = 3,35/5,33 = 0,63$ trabaja en dos sentidos

Losa 9, 10, 11, 12.

$M = 2,35/5,48 = 0,43$ trabaja en un sentido.

Por diseño se considera como una losa en 2 sentidos por estar apoyada en los 4 extremos.

Determinar espesor de losa

$$t = \text{perímetro}/180$$

Losa 1,2,3,4,5,6,7,8 se empleará un

$$t = (5,33 + 5,33 + 3,35 + 3,35) / 180 = 0,10 \text{ m}$$

Losa 9,10,11,12

$$t = (2,35 + 2,35 + 5,48 + 5,48) / 180 = 0,09 \text{ m}$$

} espesor de usar $t = ,12\text{m}$

Cargas de diseño

Carga última de diseño:

Techo:

$$Cu = 1,4 \cdot 363 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 100 \text{ kg/m}^2$$

$$Cu = 678,20 \text{ Kg/m}^2$$

Aulas:

$$Cu = 1,4 \cdot 408 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 200 \text{ kg/m}^2$$

$$Cu = 911,20 \text{ Kg/m}^2$$

Pasillos:

$$Cu = 1,4 \cdot 408 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 500 \text{ kg/m}^2$$

$$Cu = 1\,421,20 \text{ Kg/m}^2$$

Momentos actuantes

Donde:

C = coeficiente de tablas

A = dimensión del lado corto

B = dimensión del lado largo

$$M_{A(-)} = C * C_U * A^2$$

$$M_{A(+)} = C * C_{M_U} * A^2 + C * C_{V_U} * A^2$$

$$M_{B(-)} = C * C_U * B^2$$

$$M_{B(+)} = C * C_{M_U} * B^2 + C * C_{V_U} * B^2$$

Losa 1 y 4

$$M_{A(-)} = 0,089 * 678,20 * (3,35)^2 = 677,39 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,056 * 508,20 * (3,35)^2 + 0,067 * 170,00 * (3,35)^2 = 447,21 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,024 * 678,20 * (5,33)^2 = 462,41 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,007 * 508,20 * (5,33)^2 + 0,009 * 170,00 * (5,33)^2 = 144,53 \text{ kg-m}$$

Losa 2 y 3

$$M_{A(-)} = 0,08 * 678,20 * (3,35)^2 = 608,89 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,048 * 508,20 * (3,35)^2 + 0,0165 * 170,00 * (3,35)^2 = 305,24 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,018 * 678,20 * (5,33)^2 = 346,80 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,007 * 508,20 * (5,33)^2 + 0,009 * 170,00 * (5,33)^2 = 144,53 \text{ kg-m}$$

Losa 5 y 8

$$M_{A(-)} = 0,085 * 678,20 * (3,35)^2 = 646,94 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,036 * 508,20 * (3,35)^2 + 0,059 * 170,00 * (3,35)^2 = 317,88 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,006 * 678,20 * (5,33)^2 = 115,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 * 508,20 * (5,33)^2 + 0,007 * 170,00 * (5,33)^2 = 91,56 \text{ kg-m}$$

Losa 6 y 7

$$M_{A(-)} = 0,081 * 678,20 * (3,35)^2 = 616,50 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,034 * 508,20 * (3,35)^2 + 0,058 * 170,00 * (3,35)^2 = 310,27 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01 \cdot 678,20 \cdot (5,33)^2 = 192,67 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 508,20 \cdot (5,33)^2 + 0,007 \cdot 170,00 \cdot (5,33)^2 = 91,56 \text{ kg-m}$$

Losa 9 y 12

$$M_{A(-)} = 0,094 \cdot 678,20 \cdot (2,35)^2 = 352,06 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,059 \cdot 508,20 \cdot (2,35)^2 + 0,077 \cdot 170,00 \cdot (2,35)^2 = 237,88 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,006 \cdot 678,20 \cdot (5,33)^2 = 115,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 508,20 \cdot (5,33)^2 + 0,005 \cdot 170,00 \cdot (5,33)^2 = 81,90 \text{ kg-m}$$

Losa 10 y 11

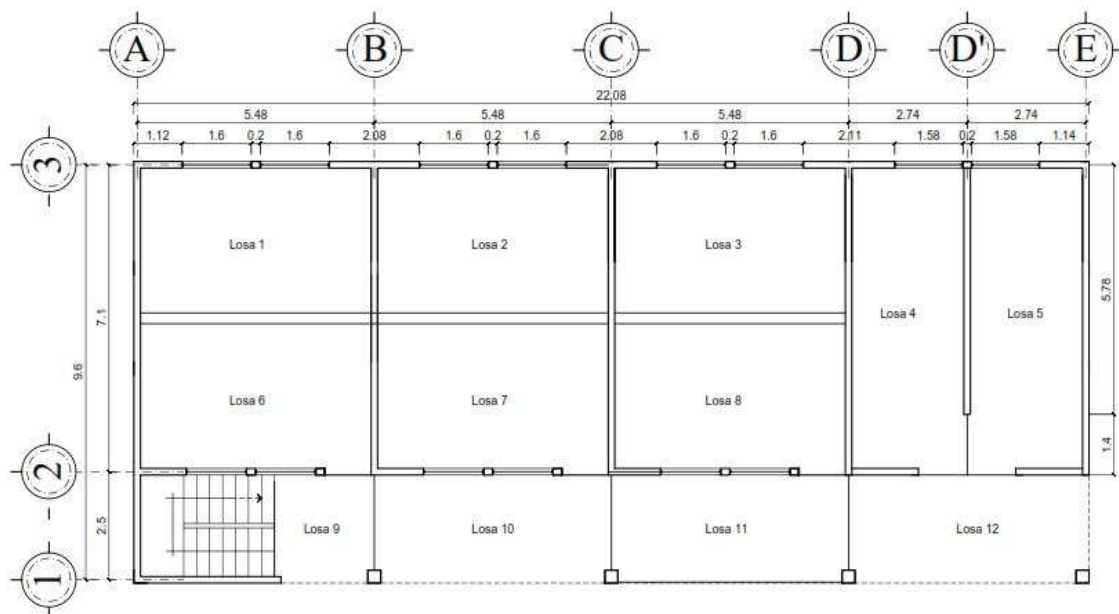
$$M_{A(-)} = 0,089 \cdot 678,20 \cdot (2,35)^2 = 333,34 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,056 \cdot 508,20 \cdot (2,35)^2 + 0,076 \cdot 170,00 \cdot (2,35)^2 = 228,52 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01 \cdot 678,20 \cdot (5,33)^2 = 192,67 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 508,20 \cdot (5,33)^2 + 0,005 \cdot 170,00 \cdot (5,33)^2 = 81,90 \text{ kg-m}$$

Figura 24. **Planta de distribución de losas de entrepiso**



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

Para el diseño de las losas se aplicó el método 3 del ACI.

Diseño de losa de entrepiso

Determinar cómo trabaja la losa.

A = lado menor

B = lado mayor

$m = A/B > 0,5$ trabaja en dos sentidos.

Losa 1, 2, 3, 6, 7,8.

$m = 3,35/5,33 = 0,63$ trabaja en dos sentidos

Losa 4 y5

$M = 2,60/7,10 = 0,37$ trabaja en un sentido.

Losa 9

$M = 2,30/2,35 = 0,98$ trabaja en dos sentidos.

Losa 10, 11,12.

$M = 2,35/5,48 = 0,43$ trabaja en un sentido.

Por diseño se considera como una losa en 2 sentidos por estar apoyada en los 4 extremos.

- Determinar espesor de losa

$t = \text{perímetro}/180$

Losa 1,2,3,6,7,8 se empleará un

$t = (5,33 + 5,33 + 3,35 + 3,35) / 180 = 0,10 \text{ m}$

Losa 4 y 5

$$t = (2,60+2,60+7,10+7,10) / 180 = 0,11 \text{ m}$$

Losa 9

$$t = (2,30+2,30+2,35+2,35) / 180 = 0,06 \text{ m}$$

Losa 10,11,12

$$t = (2,35+2,35+5,48+5,48) / 180 = 0,09 \text{ m}$$

Carga última de diseño:

Aulas:

$$C_u = 1,4 \cdot 408 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 200 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{UM} = 571,20 \text{ kg/m}^2 \quad C_{UV} = 340,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U = 911,20 \text{ Kg/m}^2$$

Pasillos:

$$C_u = 1,4 \cdot 408 \text{ kg/m}^2 + 1,7 \cdot 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{UM} = 571,20 \text{ kg/m}^2 \quad C_{UV} = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1\,421,20 \text{ Kg/m}^2$$

Momentos actuantes

Donde:

C = coeficiente de tablas

A = dimensión del lado corto

B = dimensión del lado largo

$$M_{A(-)} = C \cdot C_U \cdot A^2$$

$$M_{A(+)} = C \cdot C_{MU} \cdot A^2 + C \cdot C_{VU} \cdot A^2$$

$$M_{B(-)} = C \cdot C_U \cdot B^2$$

$$M_{B(+)} = C \cdot C_{MU} \cdot B^2 + C \cdot C_{VU} \cdot B^2$$

Losa 1

$$M_{A(-)} = 0,089 \cdot 911,20 \cdot (3,35)^2 = 910,11 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,056 \cdot 571,20 \cdot (3,35)^2 + 0,067 \cdot 340,00 \cdot (3,35)^2 = 614,62 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,024 \cdot 911,20 \cdot (5,33)^2 = 621,27 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,007 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,009 \cdot 340,00 \cdot (5,33)^2 = 144,53 \text{ kg-m}$$

Losa 5

$$M_{A(-)} = 0,094 \cdot 911,20 \cdot (2,60)^2 = 579,01 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,059 \cdot 571,20 \cdot (2,60)^2 + 0,077 \cdot 340,00 \cdot (2,60)^2 = 404,79 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,004 \cdot 911,20 \cdot (7,10)^2 = 183,73 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,007 \cdot 571,20 \cdot (7,10)^2 + 0,005 \cdot 340,00 \cdot (7,10)^2 = 287,27 \text{ kg-m}$$

Losa 2 y 3

$$M_{A(-)} = 0,089 \cdot 911,20 \cdot (3,35)^2 = 818,08 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,048 \cdot 571,20 \cdot (3,35)^2 + 0,076 \cdot 340,00 \cdot (3,35)^2 = 370,65 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01 \cdot 911,20 \cdot (5,33)^2 = 465,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,007 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,005 \cdot 340,00 \cdot (5,33)^2 = 200,52 \text{ kg-m}$$

Losa 4

$$M_{A(-)} = 0,089 \cdot 911,20 \cdot (2,60)^2 = 548,21 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,056 \cdot 571,20 \cdot (2,60)^2 + 0,076 \cdot 340,00 \cdot (2,60)^2 = 390,91 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01 \cdot 911,20 \cdot (7,10)^2 = 459,34 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 571,20 \cdot (7,10)^2 + 0,005 \cdot 340,00 \cdot (7,10)^2 = 200,87 \text{ kg-m}$$

Losa 6

$$M_{A(-)} = 0,085 \cdot 911,20 \cdot (3,35)^2 = 869,21 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,036 \cdot 571,20 \cdot (3,35)^2 + 0,059 \cdot 340,00 \cdot (3,35)^2 = 455,89 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,006 \cdot 911,20 \cdot (5,33)^2 = 155,32 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,007 \cdot 340,00 \cdot (5,33)^2 = 132,52 \text{ kg-m}$$

Losa 7 y 8

$$M_{A(-)} = 0,081 \cdot 911,20 \cdot (3,35)^2 = 828,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,034 \cdot 571,20 \cdot (3,35)^2 + 0,058 \cdot 340,00 \cdot (3,35)^2 = 439,26 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01 \cdot 911,20 \cdot (5,33)^2 = 258,86 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,007 \cdot 340,00 \cdot (5,33)^2 = 132,52 \text{ kg-m}$$

Losa 9

$$M_{A(-)} = 0,055 \cdot 1\,421,20 \cdot (2,30)^2 = 413,50 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,03 \cdot 571,20 \cdot (2,30)^2 + 0,035 \cdot 850,00 \cdot (2,30)^2 = 248,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,045 \cdot 1\,421,20 \cdot (5,33)^2 = 1\,816,86 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,024 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,029 \cdot 850,00 \cdot (5,33)^2 = 1\,089,73 \text{ kg-m}$$

Losa 10 y 11

$$M_{A(-)} = 0,089 \cdot 1\,421,20 \cdot (2,35)^2 = 698,52 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,056 \cdot 571,20 \cdot (2,35)^2 + 0,076 \cdot 850,00 \cdot (2,35)^2 = 533,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,01 \cdot 1\,421,20 \cdot (5,33)^2 = 403,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,005 \cdot 850,00 \cdot (5,33)^2 = 185,65 \text{ kg-m}$$

Losa 12

$$M_{A(-)} = 0,094 \cdot 1\,421,20 \cdot (2,35)^2 = 737,77 \text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,059 \cdot 571,20 \cdot (2,35)^2 + 0,077 \cdot 850,00 \cdot (2,35)^2 = 547,56 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,006 \cdot 1\,421,20 \cdot (5,33)^2 = 242,25 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,004 \cdot 571,20 \cdot (5,33)^2 + 0,005 \cdot 850,00 \cdot (5,33)^2 = 185,65 \text{ kg-m}$$

2.1.12.1. Balance de momentos

Cuando 2 losas comparten un lado en común y en el mismo ambas presentan diferencia de momentos actuantes, deben balancearse aplicando el siguiente criterio:

$$\text{Si } 0,80 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}; \text{ entonces } M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$$

Si $0,80 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces $M_B =$ proporcional a su rigidez

Balanceo de momentos de losas finales

Balance de momentos en Losa 1 y 5

$$M_1 = 677,39 \text{ kg-m}$$

$$M_2 = 646,94 \text{ kg-m}$$

$0,8 \cdot 677,39 = 533,91 < 608,89$ por lo que el balance se obtiene por promedio

$$M = \frac{677,39 + 608,89}{2} = 643,14 \text{ kg-m}$$

Balance de momentos en Losa 1 y 2

$$M_1 = 462,21 \text{ kg-m}$$

$$M_2 = 346,80 \text{ kg-m}$$

$0,8 \cdot 462,21 = 369,77 > 346,80$ por lo que el balance se hace por medio de rigideces.

$K_1, K_2 =$ las rigideces de las losas a y b

$L_1, L_2 =$ longitudes de losa consideradas

$D_1, D_2 =$ los factores de distribución de las losas a y b

$dM = M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}$

Donde:

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Para realizar la distribución, se efectúa según el cálculo de la tabla siguiente:

Tabla XXX. **Balance de momentos en losa**

D1	D2
M1	M2
- D1*dM	-D2*dM
MB	MB

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Donde:

$MB_{1,2}$ = Momento balanceado

$MB1 = M_{mayor} - ((M_{mayor} - M_{menor}) * D1)$

$MB2 = M_{menor} + ((M_{mayor} - M_{menor}) * D2)$

$$K1 = \frac{1}{5,35} = 0,19 \quad K_2 = \frac{1}{5,35} = 0,19$$

$$D1 = \frac{0,19}{0,19 + 0,19} = 0,50 \quad D2 = \frac{0,19}{0,19 + 0,19} = 0,50$$

$$dM = 462,21 - 346,80 = 115,41$$

Tabla XXXI. **Balance de momentos nivel**

0,50	0,50
462,21	346,80
74.87	213,09
404,51 kg-m	404,51 kg-m

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.1.12.2. Armado de losa

Primero, se debe establecer el acero mínimo y el momento que resiste, para luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al mínimo.

Datos para el diseño:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm (franja unitaria)}$$

$$t = 12 \text{ cm}$$

$$r = 2,5 \text{ cm}$$

Peralte

$$d = t - r - \phi/2$$

$$d = 12 - 2,5 - (0,95/2) = 9 \text{ cm}$$

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{2810,00} * 100,00 * 9,00$$

$$A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$S = \text{Área de acero hierro No.3} * \frac{\text{Fanja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 0,71 * \frac{100}{4,52}$$

$$S = 15 \text{ cm}$$

Usar No.3 @ 15 cm.

Espaciamiento máximo

$$S_{\text{máx}} = 2 * t$$

$$S_{\text{máx}} = 2 * 12,00$$

$$S_{\text{máx}} = 24,00 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M(As_{\text{mín}}) = \phi * \left[As * f_y * \left(d - \frac{As * f_y}{1,7 * f_c * b} \right) \right]$$

$$M(As_{\text{mín}}) = 0,90 * \left[4,52 * 2\,810,00 * \left(9,00 - \frac{4,52 * 2\,810,00}{1,7 * 210,00 * 100,00} \right) \right]$$

$$M(As_{\text{mín}}) = 988,13 \text{ kg*m}$$

Para los momentos menores o iguales que resiste el área de acero mínimo, se usará hierro No. 3 @ 15 centímetros, y para los momentos mayores que resiste el área de acero mínimo se procede de la siguiente manera, tomando el momento máximo en toda la losa.

$$As = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$As = \left[100 * 9 - \sqrt{(100 * 9)^2 - \frac{943,04 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2\,810} \right)$$

$$As = 4,31 \text{ cm}^2$$

Ya que el área de acero requerido es menor al área de acero mínimo, se utilizará el área de acero mínimo

La losa del segundo nivel, será armada con varillas No.3 @ 0,15 m, en ambos sentidos.

Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\max} = \frac{CU * L}{2} = \frac{1\,421,20 * 5,35}{2} = 3\,801,71 \text{ kg}$$

Cálculo del corte máximo resistente

$$V_r = \phi \sqrt{f'_c} * b * d$$

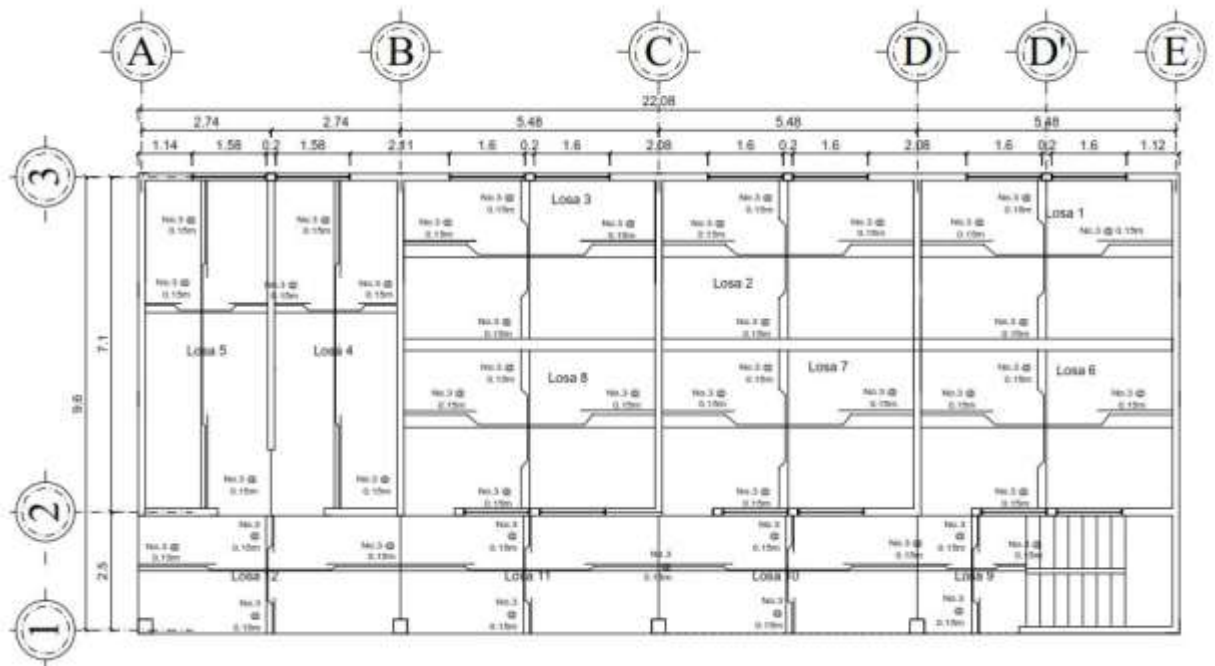
$$V_r = 0,85 \sqrt{210} * 100 * 9 = 11\,085,90 \text{ kg}$$

Comparar V_r con V_{\max} .

Si $V_r > V_{\max}$, el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar t .

Como $V_r > V_{\max}$, el espesor es adecuado.

Figura 25. Detalle de armado final losa



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

En el caso de la losa del segundo nivel, el procedimiento es similar al anterior, variando los datos de carga viva, carga muerta.

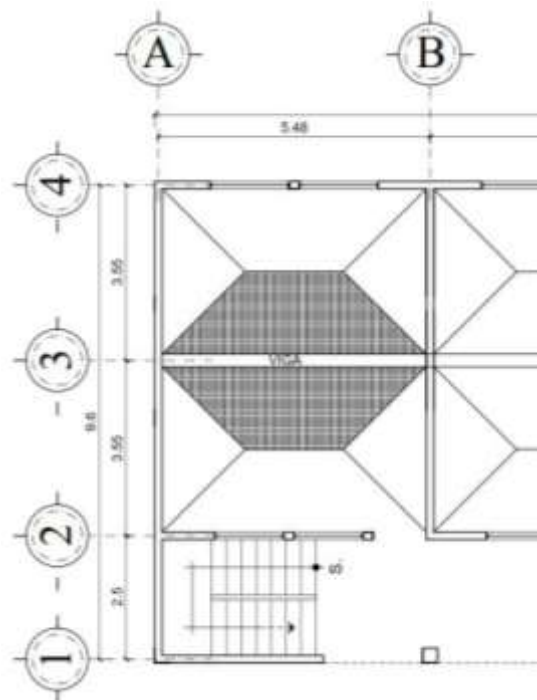
2.1.13. Diseño de vigas

Para este diseño se coloca una viga en el centro del salón para que las losas no sean mayores a 12 cm. De la misma manera se emplearán vigas en el pasillo porque carece de muros de carga, Solo se calculó la viga crítica de entrepiso, o sea la de mayor longitud para ambos sentidos del edificio, las restantes quedarán con la misma sección.

2.1.13.1. Diseño de vigas en las aulas

Se emplean vigas en el centro de los ambientes para separar las losas, y para que se utilice un peralte de no mayor a 12 cm.

Figura 26. Área tributaria de viga



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

La longitud de la viga a diseñar será de 5,50 m con los siguientes valores de diseño:

Área tributaria a la viga de 13,50 m²

Carga viva de 200 kg/m² 1,7*200= 340,00 kg/m²

Carga muerta de 408 kg/m² 1,4*408= 571,20 kg/m²

Carga última = 911,20 kg/m²

Peso propio de la viga (propuesta de 0,25 *0,45) = 270 kg/m

Peralte de la viga= h - recubrimiento= 45 -3 = 42 cm

Cálculo de la carga distribuida hacia la viga

$$w = \frac{\text{carga última} * \text{área tributaria}}{\text{Longitud de la viga}} + \text{peso propio de la viga}$$

$$w = \frac{911,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 13,50 \text{ m}^2}{5,50 \text{ m}} + 270 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 2\,506,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cálculo de los momentos positivos y negativos

$$M_{-} = \frac{w * l^2}{24}$$

$$M_{+} = \frac{w * l^2}{14}$$

$$M_{-} = \frac{2\,506,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5,50^2}{24} = 3\,159,34 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{+} = \frac{2\,506,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5,50^2}{14} = 5\,416,00 \text{ kg} - \text{m}$$

Con estos valores de momentos se calcula las áreas de acero en las vigas respectivamente en cada sección de la viga por medio de la fórmula siguiente:

$$As = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right) * 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right) =$$

$$As- = \left(25 * 42 - \sqrt{(25 * 42)^2 - \frac{3\,159,34 * 25}{0,003825 * 281,00}} \right) * 0,85 * \left(\frac{281}{2\,810} \right) = 3,03 \text{ cm}^2$$

$$As+ = \left(25 * 42 - \sqrt{(25 * 42)^2 - \frac{5\,416,00 * 25}{0.003825 * 281.00}} \right) * 0.85 * \left(\frac{281}{2,810} \right) = 4,36 \text{ cm}^2$$

Cálculo del acero mínimo.

Según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 en toda sección sometida a flexión el refuerzo mínimo no debe ser menor que el obtenido por medio de las siguientes expresiones.

$$As_{\min} = \frac{14,1}{fy} * b * d \quad (1)$$

$$As_{\min} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d \quad (2)$$

$$As_{\min} = \frac{14,10}{2\,810,00} * 25 * 42 \quad As_{\min} = 5,27 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}}{2\,810 \text{ kg/cm}^2} * 25 * 42 \quad As_{\min} = 5,00 \text{ cm}^2$$

Como el acero mínimo en ambos casos es mayor que el área de acero necesario debido a ambos momentos, se emplea el área acero mínimo.

2.1.13.1.1. Confinamiento de vigas

Refuerzo a corte

Se debe diseñar un refuerzo capaz de resistir la fuerza cortante que afecta a las vigas.

El diseño de estribos estará basado en el código ACI318-11, el cual indica que si el cortante último ocasionado por las fuerzas externas en la viga (V_u), es mayor al corte que resiste el concreto (V_c), se debe calcular el espaciamiento entre los estribos, de ser lo contrario se podrá optar a los criterios establecidos por el código ACI318-11.

Corte último.

$$V_u = \frac{W * L}{2}$$

$$V_u = \frac{2\,506,58 * 5,50}{2} = 6\,893,10 \text{ kg}$$

Corte resistente.

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde $\phi = 0,53$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 25 * 42 = 7\,915,22 \text{ kg}$$

Como $V_c > V_u$, se confinará de acuerdo con criterios establecidos en el código ACI 318-11.

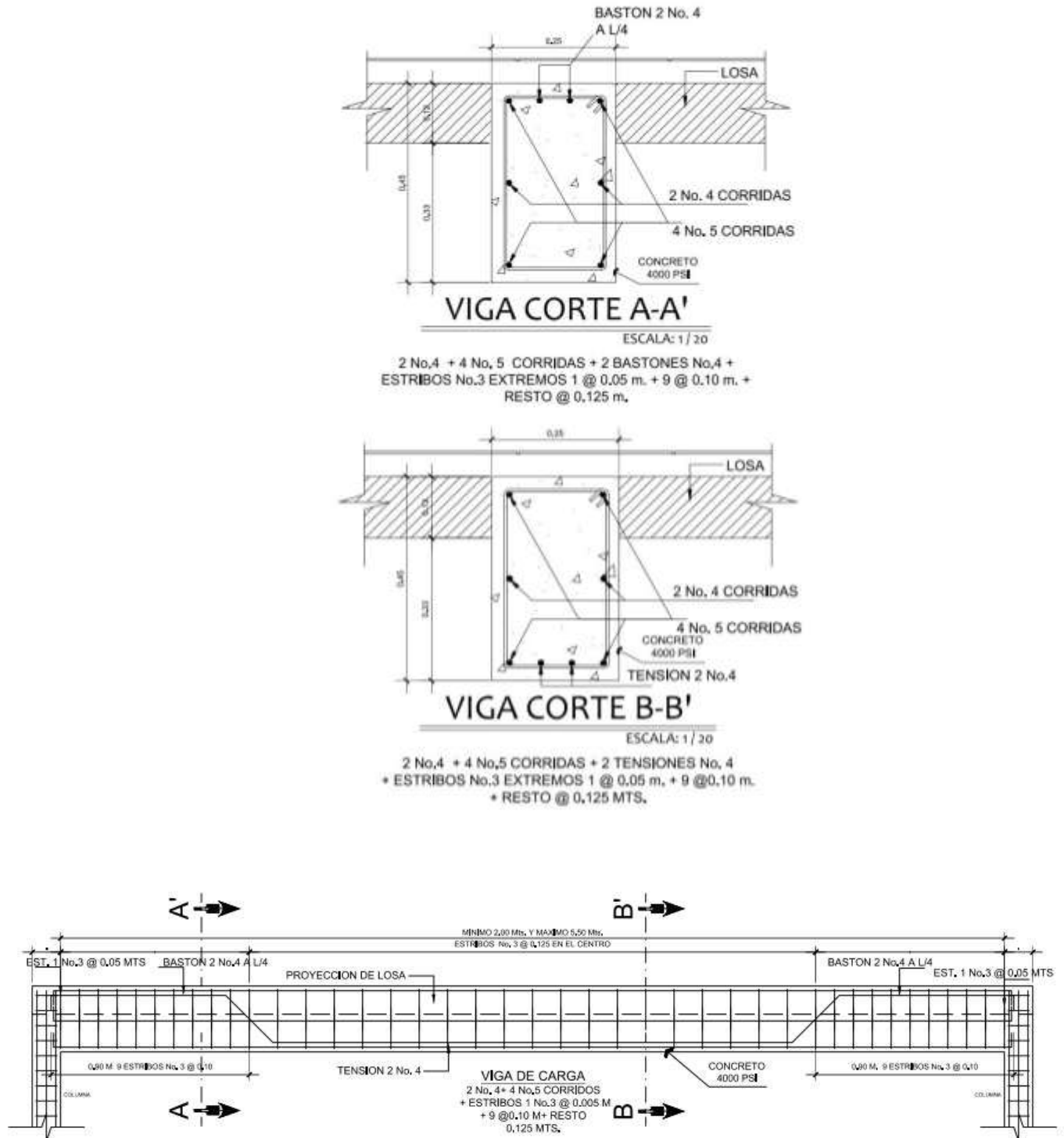
El ACI 318-11 en el capítulo 21 describe los parámetros de confinamiento en elementos estructurales, de los cuales se empleó los siguientes:

- El primer estribo cerrado no debe estar a más de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe exceder la distancia de $d/4$. Siendo este el caso sería de $42/4 = 10,50$ cm.
- Se pueden espaciar a 8 veces el diámetro de la barra longitudinal más pequeñas, que en este caso sería de una varilla de $\frac{1}{2}$ " con un número de varilla 4, por consiguiente, el espaciamiento sería de 24 cm.
- No debe ser mayor a 30 cm.
- Se debe confinar una longitud no menor de 2 veces la altura del elemento, medida desde la cara del nudo hacia el centro de la viga.

Para este caso la viga será confinada a una longitud igual a $2 \cdot h$, esta es de 0,90 m a un espaciamiento de 0,10 m y la zona central a un espaciamiento de 0,125 m, el estribo empleado será de hierro No. 3.

Siendo estos los casos se presenta el armado de la viga:

Figura 27. Detalle de armado de viga



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

2.1.13.2. Diseño de gradas

Una escalera debe ser cómoda y segura, dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella.

La huella y la contra huella deben cumplir con los siguientes criterios:

$$c < 20,00 \text{ cm}$$

$$h > c$$

$$(2 * c + h) < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$(c + h) = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}$$

$$c * h = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

Donde:

c = contra huellas

h = huellas

Número de escalones mínimos

$$h/c = 3,00/0,18 = 16 \text{ escalones}$$

Se tomaron 8 contrahuellas antes del descanso

Número de huellas

$$\text{No. De contrahuellas} - 1 = 8 - 1 = 7 \text{ huellas}$$

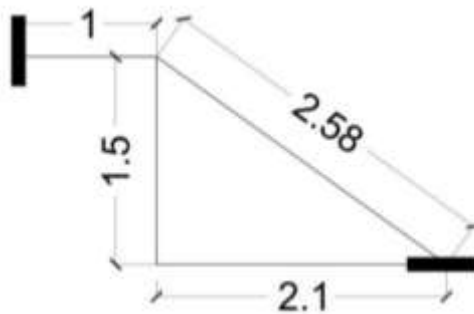
Por lo tanto, se obtiene:

8 contrahuellas de 18 cm

7 huellas de 30 cm

Por ser una losa que se encuentra simplemente apoyada en 2 extremos, se considerará como losa en un sentido.

Figura 28. **Dimensión módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Longitud de losa

$$\text{Longitud} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Longitud} = \sqrt{2,10^2 + 1,50^2}$$

$$\text{Longitud} = 2,58 \text{ m}$$

Espesor de losa

$$t = L/24$$

$$t = 2,70/24 = 0,12 \text{ m}$$

Integración de cargas

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{concreto}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fy = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

Carga muerta

Peso propio de la escalera

$$P_c = \left(t - \frac{c}{2}\right) = 2\,400 \left(0,11 - \frac{0,18}{2}\right) + 100 = 148 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total CM} = 148 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva

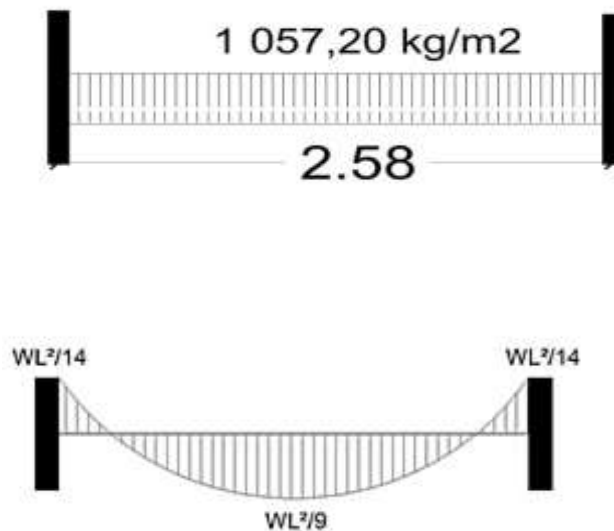
$$\text{Total CV} = 500 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU = 1,4 (148) + 1,7 (500) = 1\,057,20 \text{ kg/m}^2$$

Figura 29. Distribución de carga y momentos módulo de gradas



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{w \cdot L^2}{9} = \frac{1\,057,20 \cdot 2,58^2}{9} = 781,91 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{w \cdot L^2}{14} = \frac{1\,057,20 \cdot 2,58^2}{14} = 502,65 \text{ kg-m}$$

Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} \cdot b \cdot d \quad (1)$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y} \cdot b \cdot d \quad (2)$$

Donde:

f_y = límite de fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{2\,810,00} \cdot 100,00 \cdot 8,50 = \quad A_{s_{\min}} = 4,26 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 \cdot \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}}{2\,810 \text{ kg/cm}^2} \cdot 100,00 \cdot 8,50 \quad A_{s_{\min}} = 4,05 \text{ cm}^2$$

Área de acero

$$A_s = \left[b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M \cdot b}{0,003825 \cdot f'c}} \right] \cdot \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \right)$$

Donde:

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

M = momento analizado

f'c = resistencia a la compresión del concreto

fy = límite de fluencia del acero

$$As(+) = \left[100,00 * 8,50 - \sqrt{(100,00 * 8,50)^2 - \frac{781,91 * 100,00}{0,003825 * 210,00}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210,00}{2 * 810,00} \right)$$
$$As(+) = 3,77 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero requerido es menor que el área de acero mínimo se espaciará con hierro No.3 @ 0,15 m.

$$As(-) = \left[100,00 * 8,50 - \sqrt{(100,00 * 8,50)^2 - \frac{502,65 * 100,00}{0,003825 * 210,00}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210,00}{2 * 810,00} \right)$$
$$As(-) = 2,39 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero requerido es menor que el área de acero mínimo se espaciará con hierro No.3 @ 0,15 m.

Acero por temperatura

$$As_{temp} = 0,002 * b * d$$

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 100,00 * 11,00$$

$$A_{s_{temp}} = 2,2 \text{ cm}^2$$

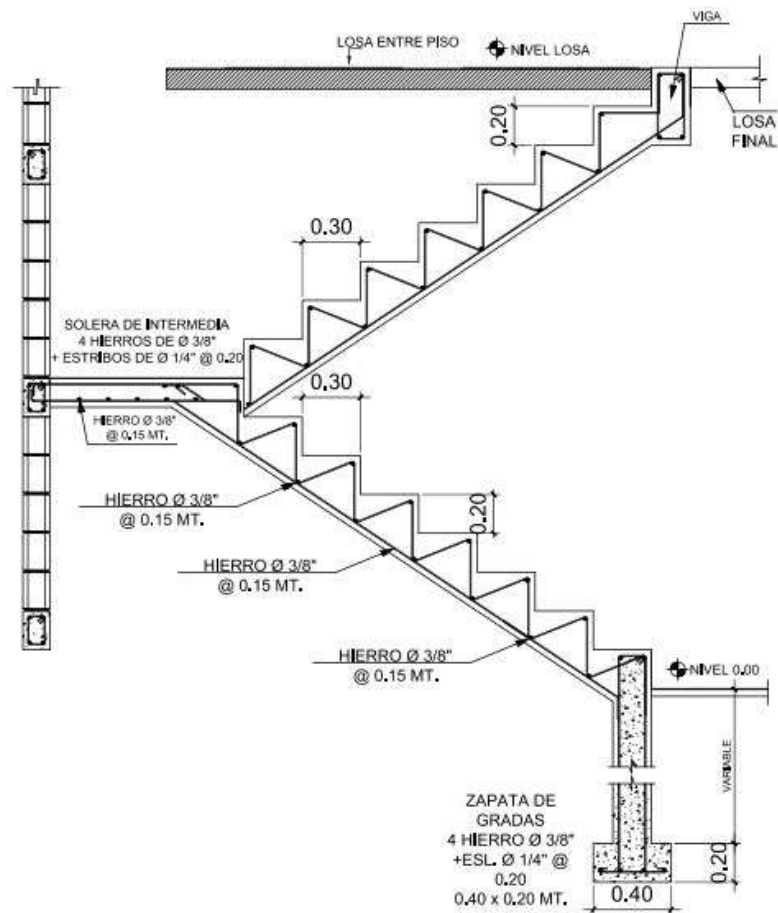
Espaciamiento máximo

$$S_{m\acute{a}x} = 3 * t$$

$$S_{m\acute{a}x} = 3 * 11,00$$

$$S_{m\acute{a}x} = 33,00 \text{ cm}$$

Figura 30. Detalle típico módulo de gradas



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

2.1.14. Diseño de cimientos

El cimiento corrido para los muros se calcula como una franja unitaria; se diseñó para soportar las cargas superpuestas, las distribuye de forma adecuada y proporciona un empotramiento de acuerdo con la resistencia del terreno, deben ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos.

2.1.14.1. Determinación del calor soporte

Con base en pruebas de laboratorio se presentan los siguientes resultados:

(ver anexo 1)

Descripción del suelo = limo arenoso color café oscuro

Ángulo de fricción interna = $20,46^\circ$

Cohesión = $9,39 \text{ ton/m}^2$

Peso específico del suelo = $1,44 \text{ ton/m}^3$

Desplante = 1,20 m

Esfuerzo límite

Se determinó por medio de la fórmula del Dr. Karl Terzaghi, siendo esta:

$$q_d = c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,5 * \gamma * B * N'_v$$

Donde:

c' = coeficiente de cohesión del suelo

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ = peso específico del suelo

Z = desplante de cimentación

N'_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

B = base de zapata

N'_y = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Los valores de factores de capacidad, se obtuvieron de la gráfica de curvas de trazo continuo, siendo estos:

$$N'_c = 8,15$$

$$N'_q = 2,00$$

$$N'_y = 0,27$$

Determinando el esfuerzo límite:

$$q_d = c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,5 * \gamma * B * N'_y$$

$$q_d = 9,39 * 8,15 + 1,44 * 1,20 * 2,00 + 0,5 * 1,44 * 1,20 * 0,27$$

$$q_d = 80,22 \text{ ton/m}^2$$

- Valor soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

Donde:

q_d = esfuerzo límite

F.S. = factor de seguridad

Según el Dr. Karl Terzaghi, el mínimo para el factor de seguridad puede ser por lo menos de 3, para este caso se utiliza un valor de 3.

Determinando valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

$$V_s = \frac{80,22}{3}$$

$$V_s = 26,74 \text{ ton/m}^2$$

2.1.14.2. Diseño de cimiento corrido

Se diseñó el cimiento corrido con los siguientes valores:

Valor soporte de diseño: 26,74 ton/m²

Peso específico del suelo: 1,44 ton/m³

F'c= 210 kg/cm²

Fy= 2810 kg/cm²

Espesor t = 0,20

Fcu= 1,46

Peso específico del concreto= 2,40 ton/m³

q admisible= 26,74 ton/m²

Carga que soporta la cimentación

$$W_u = \frac{w \text{ edificio}}{L \text{ total}} = \frac{331,02}{92,56} = 3,58 \text{ ton/m}$$

Carga de trabajo de la cimentación

$$Wt = \frac{Wu}{Fcu} = \frac{3,58}{1.46} = 2,45 \text{ ton/m}$$

Determinación de la presión actuante

$$q \text{ actuante} = wt + wsuelo + w \text{ cimienta}$$

$$q \text{ actuante} = 2.45 + 1,44 * 0,40 * 1,20 * 1 + 2,4 * 0,4 * 0,2 * 1 = 3,33 \text{ ton}$$

$$q \text{ actuante} = \frac{P \text{ total}}{\text{area}} = \frac{3,33 \text{ ton}}{0,50\text{m} * 1 \text{ m}} = 8,33 \text{ ton/m}^2$$

Nota: para que el diseño del cimiento sea correcto la presión de diseño debe ser mayor a la presión actuante, en este caso si cumple con el chequeo por lo que se procederá.

$$q \text{ actutante} < q \text{ admisible}$$

2.1.14.2.1. Diseño del espesor del cimiento

Para el cálculo del espesor del cimiento corrido, se calcula la presión de diseño última.

$$q \text{ diseño} = Fcu * q \text{ actuante} = 1.46 * 8,33 = 12,16 \text{ ton/m}^2$$

Peralte del cimient

$$d = t - rec - \frac{\phi}{2} = 20 - 7.5 - \frac{1.27}{2} \approx 11 \text{ cm}$$

Chequeo a corte

$$x = \frac{0.40 - 0.15}{2} - 0.11 = 0.015 \text{ m}$$

Corte actuante

$$V \text{ actuante} = q \text{ diseño} * x = 12,16 * 0.015 = 0.19 \text{ ton}$$

Corte resultante

$$V \text{ resultante} = 0.53 * 0.85 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V \text{ resultante} = 0.53 * 0.85 * \sqrt{281} * 100 * 11 = 14.19 \text{ ton}$$

Como el corte resultante es mayor que el corte actuante, esto da la seguridad que el aspersor del cimient es capaz de soportar las cargas que se le aplican.

Diseño por flexión

$$L = \frac{0.40 - 0.15}{2} = 0.125,$$

$$\text{Momento actuante } M = \frac{w * l^2}{2} = \frac{12,16 * 0.125^2}{2} = 0.095 \text{ ton} - m$$

2.1.14.2.2. Área de acero requerido

$$As = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * F'c}} \right) * 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right) =$$

$$AS = \left(100 * 11 - \sqrt{(100 * 11)^2 - \frac{0,095 * 100 * 1\,000}{0,003825 * 281,00}} \right) * 0,85 * \left(\frac{281}{2,810} \right)$$

$$= 0,342 \text{ cm}^2$$

$$AS_{min} = \frac{14,10}{2810} * 100 * 11 = 5,52 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento de los eslabones

$$5,52 \text{ cm}^2 \text{ -----} 100$$

$$1,29 \text{ cm}^2 \text{ -----} S$$

$$S=23 \text{ cm}$$

El resultado de la operación es de 23 cm de espaciamiento entre eslabones, pero por trabajo se tendrá un espaciamiento de 20 cm, de esta manera se empleará un área de acero igual a 6.45 cm², cumpliendo así con lo calculado

Área de acero por temperatura.

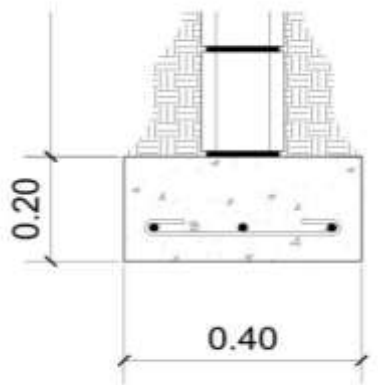
$$As_{temperatura} = 0,002 * b * t$$

$$As_{temperatura} = 0,002 * 40 * 20 = 1,60 \text{ cm}^2$$

Se reforzará con 3 varillas No. 4 corridas dando un resultado de área de acero siguiente:

$$As_{utilizar} = 3 * 1,29 = 3,87 \text{ cm}^2$$

Figura 31. **Detalle de cimiento corrido**



Se reforzará con eslabones No.4 @ 0,20 m + 3 varillas longitudinales No. 4

Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

2.1.14.3. Diseño de zapatas

Se analiza si el cimiento corrido soporta la presión que ejerce la viga de carga al muro por lo tanto se tienen los siguientes parámetros para verificar si el cimiento corrido soporta la presión actuante.

Valor soporte de diseño: 26,74 ton/m²

Peso específico del suelo: 1,44 ton/m³

$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

Espesor $t = 0,30 \text{ m}$

$F_{cu} = 1,46$

$P_u = 28,33 \text{ ton}$

$M_u = 9,12 \text{ ton} \cdot \text{m}$

Peso específico del concreto= 2.4 ton/m³

Q admisible= 26,74 ton/m²

2.1.14.3.1. Predimensionamiento de área de zapata

$$A_{\text{zapata}} = \frac{1,5 * P'_t}{V_s}$$

Donde:

P'_t = carga de trabajo

V_s = valor soporte del suelo

$$A_{\text{zapata}} = \frac{1,5 * 28,33}{31,94}$$

$$A_{\text{zapata}} = 1,33 \text{ m}^2$$

Se necesita un área de 1,33 m² para poder soportar las cargas inducidas por las vigas, y tomando como base un área de cimiento corrido de 0,40 m * 1,20 m, tendremos un área de 0.48 m², lo tanto, será necesario implementar zapatas en las columnas donde cargaran las vigas, se propone utilizar una zapata cuadrada de 1,20 m;

$$A_{\text{zapata}} = 1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^2.$$

Como se puede observar el área de la zapata cumple con el primer chequeo, por lo que se proseguirá con el cálculo.

Carga de trabajo de la zapata

$$W_t = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{28,33}{1.46} = 19,40 \text{ ton/m}$$

Determinación de la presión actuante:

$$P_{\text{actuante}} = w_t + P_{\text{columna}} + p_{\text{suelo}} + p_{\text{zapata}}$$

Donde:

w_t = carga de trabajo

$P_{columna}$ = peso debido a la columna

P_{suelo} = peso debido al suelo

P_{zapata} = pesos debido a la zapata

$$P_{actuante} = 19,40 + 0,26 + 2,08 + 1,04 = 22,78 \text{ ton}$$

$$q_{actuante} = \frac{P_{total}}{area} = \frac{22,78 \text{ ton}}{1,20 \text{ m} * 1,20 \text{ m}} = 15,82 \text{ ton/m}^2$$

Nota: para que el diseño de la zapata sea correcto la presión admisible debe ser mayor a la presión actuante, en este caso si cumple con el chequeo por lo que se procederá.

$$q_{actuante} < q_{admisible}$$

2.1.14.3.2. Diseño del espesor de la zapata

La presión del suelo, en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de esta. para el diseño se determina una presión constante; se realiza el diseño con la carga máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_{diseño} = q_{máx} * FCU$$

Donde:

$q_{máx}$ = carga máxima admisible

FCU = factor de carga última

$$q_{diseño} = 1,46 * 15,82 = 23,10 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de la zapata

Dimensionada el área, se determina el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 7,50 centímetros, y que el peralte efectivo sea mayor de 15,00 centímetros más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte, para este caso será de 40,00 centímetros.

Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2}$$

Donde:

t = espesor asumido

rec = recubrimiento

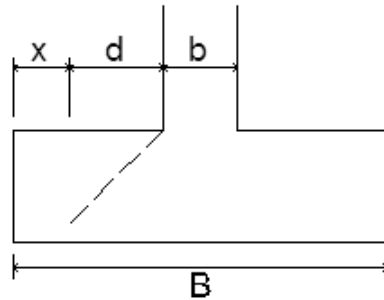
Determinar peralte efectivo con hierro No.4.

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2} = 30 - 7.5 - \frac{1.27}{2} \approx 22 \text{ cm}$$

2.1.14.3.3. Corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 32. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Distancia x:

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

Donde:

B = base de la zapata

b = base de la columna

d = distancia igual al peralte efectivo

Determinando distancia x:

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{1,20}{2} - \frac{0,30}{2} - \frac{22}{100}$$

$$x = 0,23 \text{ m}$$

Corte actuante:

$$V_{\text{act-sim}} = A_{\text{act-sim}} \cdot q_{\text{diseño}}$$

Donde:

$A_{\text{act-sim}}$ = área actuante al corte simple

$q_{\text{diseño}}$ = carga de diseño

$$V_{\text{act-sim}} = (1,200 * 0,23) * 42,27$$

$$V_{\text{act-sim}} = 11,67 \text{ Ton}$$

Corte resistente

$$V_{\text{res-sim}} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00} * 120 * 22$$

$$V_{\text{res-sim}} = 19,94 \text{ Ton}$$

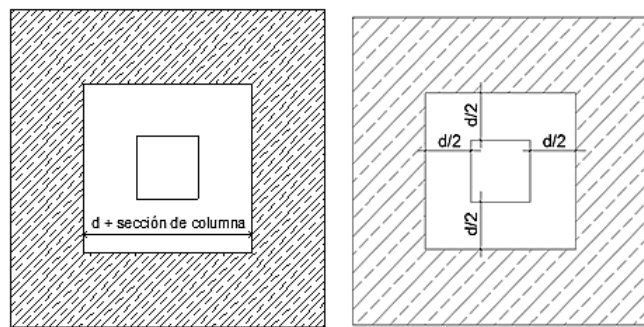
Nota: Como el corte resultante es mayor que el corte actuante, asegura que el aspersor de la zapata es capaz de soportar las cargas que se le aplican.

$$V_{\text{actutante}} < V_{\text{resultante}}$$

2.1.14.3.4. Corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d / 2$, del perímetro de la columna.

Figura 33. Corte punzonante en zapata



Fuente: elaboración propia, Autocad 2013.

$$b_o = 4 (c+d) = 4(30+22)$$

Corte actuante

$$V_{act-pun} = q_{diseño} (A_{zapata} - (c+d)^2)$$

Donde:

$V_{act-pun}$ = corte actuante punzonante

A_{zapata} = área de zapata

$q_{diseño}$ = carga de diseño

$$V_{act-pun} = 23,10 * 1,17)$$

$$V_{act-pun} = 27,03 \text{ Ton}$$

Corte resistente

$$V_{res-pun} = \phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Donde “bo” es el perímetro de sección crítica de punzonamiento = 2,96 m

Corte resultante

$$V_{res-sim} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210,00} * 296 * 22$$

$$V_{res-sim} = 98,35 \text{ Ton}$$

Nota: El corte resultante es mayor que el corte actuante, esto asegura que el aspersor de la zapata es capaz de soportar las cargas que se le aplican. Entonces, el peralte efectivo de la zapata será de 0,30 m.

$$v_{actutante} < v_{resultante}$$

2.1.14.3.5. Diseño del refuerzo

El empuje hacia arriba del suelo, produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero, para soportar los esfuerzos inducidos.

Momento último:

$$M_u = \frac{q_{\text{diseño}} * L^2}{2}$$

Donde:

$q_{\text{diseño}}$ = carga de diseño

L = distancia de extremo de la columna hacia borde de zapata

$$M_u = \frac{(23,10) * \left(\frac{1,20}{2} - \frac{0,30}{2} \right)^2}{2}$$

$$M_u = 2,34 \text{ Ton*m}$$

Área de acero:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left[100,00 * 22,00 - \sqrt{(100,00 * 22)^2 - \frac{2\,340,00 * 100,00}{0,003825 * 210,00}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210,00}{2\,810,00} \right)$$

$$A_s = 4,27 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínima

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2 \cdot 810,00} * 100,00 * 22$$

$$A_{s_{\min}} = 11,04 \text{ cm}^2$$

Como $A_s < A_{s_{\min}}$ colocar $A_{s_{\min}}$

Nota: se utilizara el área de acero calculado para armar la zapata, distribuidas con varillas No. 4 (½”)

Espaciamiento para área de acero mínima, utilizando hierro No. 4.

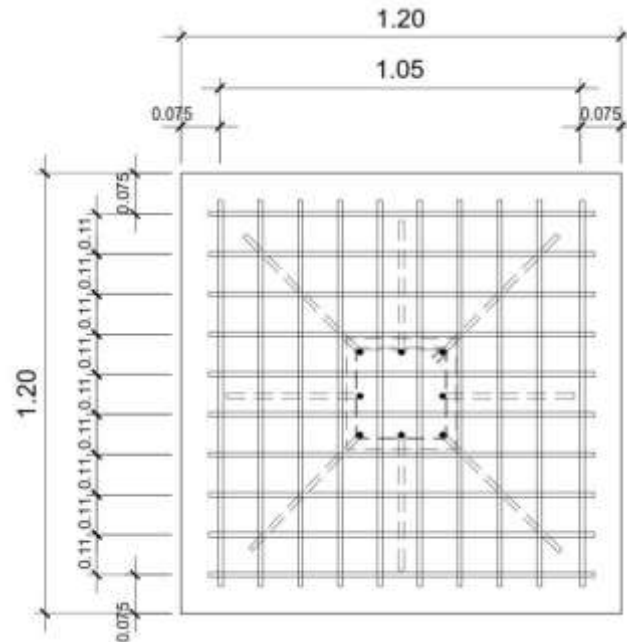
$$S = \text{Área de acero hierro No.4} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 1,29 * \frac{100,00}{11,04}$$

$$S = 11,68 \text{ cm}$$

Por trabajabilidad se colocará hierro No. 4 @ 0,11 m.

Figura 34. **Detalle de armado zapata**



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Figura 35. **Sección de zapata**



Fuente: elaboración propia. Autocad 2013.

Por lo tanto, se emplearán estas zapatas en las columnas aisladas del pasillo y en las columnas donde cargarán las vigas principales

2.1.15. Instalaciones

El diseño cuenta con alcantarillado pluvial, iluminación y fuerza, instalaciones hidráulicas, debido a que el edificio escolar se encuentra en un complejo educativo, el cual ya cuenta una red de drenaje que conduce hacia una planta de tratamiento solo se diseñara la tubería a utilizar para los servicios sanitarios.

2.1.15.1. Instalaciones Hidráulicas

Las instalaciones de agua potable, precisan de materiales muy resistentes al impacto y a la vibración, entre los cuales se encuentran el PVC, por ello se utiliza para este diseño.

2.1.15.1.1. Método de *Hunter*

Para el diseño de la red hidráulica se usará el método de Hunter, este es un método probabilístico, que establece que un sistema trabajará eficientemente, si contando con “n” artefactos, se diseña para “m” de ellos funcionando el 1 por ciento del tiempo.

Este método considera aparatos sanitarios de uso intermitente y tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es su número, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye. Para estimar la máxima demanda de agua de un edificio o sección de él, debe tenerse en cuenta si el tipo de servicio que prestarán los aparatos es público o privado.

La demanda máxima se determina calculando el total de unidades de descarga o unidades Hunter en función del número y tipo de artefactos a servir y multiplicándolos por su correspondiente factor de carga o unidad Hunter.

Se recomienda aplicar al resultado de demanda máxima probable calculada un factor de corrección de 0,60.

Tabla XXXII. **Unidades de gasto**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de ropa		8	4,50	4,50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	--
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	--
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	--
Bebedero	Múltiple	1*	1*	--
Lavatorio	Corriente	2	1,50	1,50
Lavatorio	Múltiple	2*	1,50	1,50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	--
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	--

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos, Guía para las instalaciones sanitarias.

Estimación de la demanda

Para los servicios del edificio escolar se tienen los siguientes artefactos sanitarios:

6 lavamanos	* 2 unidades Hunter =	12 U.H.
9 inodoros	* 5 unidades Hunter =	45 U.H.
1 mingitorios	* 3 unidades Hunter =	3 U.H.
2 lavatorio	* 1.5 unidades Hunter=	3 U.H.
Total		63 U.H.

Se usará el valor de 65 unidades *Hunter*

Tabla XXXIII. **Gastos probables, método de Hunter**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0,12	--	40	0,91	1,74
4	0,16	--	42	0,95	1,78
5	0,23	0,91	44	1,00	1,82
6	0,25	0,94	46	1,03	1,84
7	0,28	0,97	48	1,09	1,92
8	0,29	1,00	50	1,13	1,97
9	0,32	1,03	55	1,19	2,04
10	0,34	1,06	60	1,25	2,11
12	0,38	1,12	65	1,31	2,17
14	0,42	1,17	70	1,36	2,23
16	0,46	1,22	75	1,41	2,29
18	0,50	1,27	80	1,45	2,35
20	0,54	1,33	85	1,50	2,40
22	0,58	1,37	90	1,56	2,45
24	0,61	1,42	95	1,62	2,50
26	0,57	1,45	100	1,67	2,55
28	0,71	1,51	110	1,75	2,60
30	0,75	1,55	120	1,83	2,72
32	0,79	1,59	130	1,91	2,80
34	0,82	1,63	140	1,98	2,85
36	0,85	1,67	150	2,03	2,95
38	0,88	1,70	160	2,14	3,04

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos, Guía para las instalaciones sanitarias.

En la tabla anterior se muestran los gastos probables para la aplicación del método de Hunter, con base en los resultados obtenidos anteriormente, se conoce que la demanda máxima probable es de 1,31 l/s.

Aplicando un factor de corrección igual a 0,60 se obtiene el siguiente resultado.

Factor de corrección = $1,31 \text{ l/s} * 0,60 = 0,79 \text{ l/s}$

Convirtiendo a m^3/s se obtiene $= 7,9^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Se tiene el caudal que se utilizará, por lo tanto, se procederá a calcular el área de la sección de la tubería, tomando como referencia la velocidad de flujo igual a 3 m/s , siendo la sección la siguiente:

$$Q = A * V$$

Despejando el área de la fórmula anterior se obtiene:

$$A = \frac{Q}{V}$$
$$A = \frac{7,9^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2,63^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 0,41 \text{ plg}^2$$

El área de la sección transversal de una tubería de diámetro de $\frac{3}{4}$ " de es de $0,44 \text{ plg}^2$, por lo tanto se utilizara tubería PVC de $\frac{3}{4}$ ".

2.1.15.2. Drenajes

El objetivo del drenaje pluvial es la evacuación de las aguas provenientes de la esorrentía producida por la precipitación pluvial. Estimando una frecuencia de ocurrencia de 10 años, y tiempo de concentración de 5 minutos el cálculo de la intensidad de lluvia se utiliza la fórmula siguiente.

$$I = \frac{A}{t + B}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia en mm/h

t = tiempo de concentración en minutos

A = parámetros de ajuste

B = parámetros de ajuste

$$I = \frac{1\,345}{5 + 9}$$

$$I = 96,07 \text{ mm/h}$$

Los parámetros de ajuste A y B corresponden a la estación meteorológica más cercana, siendo en este caso la del INSIVUMEH

Por ser una superficie impermeable de techos, se estimará una C (relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área) de 1, debido a que hay un 0 por ciento de infiltración. El área a drenar por cada bajada será de 61 metros cuadrados o 0,0061 hectáreas, el caudal es calculado de la siguiente manera.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia

A = área a drenar

$$Q = \frac{1 * 96,07 * 0,0061}{360}$$

$$Q = 0,0016 \text{ m}^3/\text{s} = 1,63 \text{ l/s}$$

Ahora se calcula el diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Manning. Utilizando tubería pvc con un coeficiente de rugosidad de 0,009 y una pendiente de 1 por ciento.

$$D = \left(\frac{691\,000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

Q = caudal

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente

$$D = \left(\frac{691\,000 * 0,0016 * 0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 5.62 \text{ cm} = 2.21''$$

Por lo tanto, se empleará tubería PVC de 3 pulgadas de diámetro.

2.1.15.3. Electricidad

La instalación de iluminación cuenta con cuatro circuitos en el primer nivel y cuatro circuitos para el segundo nivel, que se calcularán de la siguiente manera:

Las lámparas de iluminación serán de 2 tubos de 40 *watts* cada tubo y las plafoneras será con bombilla incandescente de 80 *watts* cada una y un voltaje de 110 voltios.

Circuito “A”

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{unidades} * \text{watts por unidad}}{\text{voltaje}}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{(4 * 80)}{110}$$

$$\text{Intensidad} = 2,90 \text{ amperios}$$

La intensidad la incrementamos por seguridad en un 40 por ciento

$$\text{Intensidad} = 2,90 \text{ amp.} * 1,40 = 4,07 \text{ amperios}$$

Con un cable calibre 12 AWG. Se debe colocar un *flipón* con un amperaje máximo de 20 amperios. Con el cual se cubre la demanda para este circuito.

Tabla XXXIV. **Circuitos de Iluminación, primer nivel**

Circuito	Potencia unitaria (Watts)	No. Unidades	Potencia total	Voltaje	Amperios	Aumento por seguridad (40%)	Conductor	No. Flip-On
A (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20
B (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20
C (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20
D (ILUMINACION)	80	10	800	110	7,27	10,18	# 12	20

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXXV. **Circuitos de Iluminación, segundo nivel**

Circuito	Potencia unitaria (Watts)	No. Unidades	Potencia total	Voltaje	Amperios	Aumento por seguridad (40%)	Conductor	No. Flip-On
E (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20
F (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20
G (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20
H (ILUMINACION)	80	4	320	110	2,91	4,07	# 12	20

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Para la instalación de fuerza, se cuentan tres circuitos en el primer nivel y tres circuitos para el segundo nivel, calculado de la siguiente manera.

El tomacorriente doble se tomará de 200 *watts*, con este dato se calcula la intensidad.

Circuito No.1

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{unidades} * \text{watts por unidad}}{\text{voltaje}}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{8 * 200}{110}$$

$$\text{Intensidad} = 14,55 \text{ amperios}$$

La intensidad la incrementamos por seguridad en un 40 por ciento

$$\text{Intensidad} = 10,91 \text{ amp.} * 1,40 = 19,64 \text{ amperios}$$

Con un cable calibre 12 AWG. Se debe colocar un flip-on con un amperaje máximo de 20 amperios. Con el cual se cubre la demanda para este circuito.

Tabla XXXVI. **Circuitos de fuerza, primer nivel**

Circuito	Potencia unitaria (Watts)	No. unidades	Potencia total	Voltaje	Amperios	Aumento por seguridad (40%)	Conductor	No. flip-on
1 (FUERZA)	200	8	1600	110	14,55	19,64	# 12	20
2 (FUERZA)	200	6	1200	110	10,91	15,27	# 12	20
3 (FUERZA)	200	3	600	110	5,45	7,64	# 12	20

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Tabla XXXVII. **Circuitos de fuerza, segundo nivel**

Circuito	Potencia unitaria (Watts)	No. unidades	Potencia total	Voltaje	Amperios	Aumento por seguridad (40%)	Conductor	No. flip-on
4 (FUERZA)	200	8	1600	110	14,55	19,64	# 12	20
5 (FUERZA)	200	8	1600	110	14,55	19,64	# 12	20
6 (FUERZA)	200	3	600	110	5,45	7,64	# 12	20

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.1.16. Presupuesto

A continuación, se describe el presupuesto de trabajo, se presenta los renglones, la unidad de medida, la cantidad, el precio unitario y el total, en cuanto a indirectos se aplicó el 35 por ciento.

Tabla XXXVIII. Presupuesto edificación

REGLON	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<u>1</u>	TRAZO + BODEGA	ML	213,00	Q66,93	Q14 256,09
<u>2</u>	DEMOLICION	M2	264,00	Q127,84	Q33 749,76
<u>3</u>	ZAPATAS	UNIDAD	15,00	Q2 980,35	Q44 705,25
<u>4</u>	CIMIENTO CORRIDO	ML	165,00	Q367,24	Q60 594,60
<u>5</u>	SOLERA DE AMARRE	ML	50,00	Q283,77	Q14 188,50
<u>6</u>	COLUMNA TIPO C-A	ML	66,00	Q280,00	Q93 333,40
<u>7</u>	COLUMNA TIPO C-B	ML	192,00	Q245,00	Q44 146,00
<u>8</u>	COLUMNA TIPO C-C	ML	36,00	Q450,00	Q10 786,50
<u>9</u>	COLUMNA TIPO C-D	ML	79,20	Q150,00	Q10 351,86
<u>10</u>	COLUMNA TIPO C-E	ML	16,80	Q120,00	Q2 016,00
<u>11</u>	COLUMNA TIPO C-F	ML	28,80	Q350,00	Q10 080,00
<u>12</u>	COLUMNA TIPO C-G	ML	44,00	Q35,00	Q1 540,00
<u>13</u>	VIGAS TIPO 1	ML	110,00	Q1 224,83	Q134 731,30
<u>14</u>	LOSA	M2	425,00	Q696,83	Q296 154,48
<u>15</u>	MURO DE BLOCK	M2	483,00	Q192,93	Q93 185,19
<u>16</u>	SOLERAS (HUMEDAD, INTERMEDIA, CORONA)	ML	870,00	Q194,05	Q168 823,50
<u>17</u>	MODULO DE GRADAS	M2	14,50	Q1 196,15	Q17 344,18
<u>18</u>	INATACIONES ELECTRICAS	GLOBAL	1,00	Q80 331,75	Q80 331,75
<u>19</u>	INSTALACIONES HIDRAULICAS	GLOBAL	1,00	Q104 145,08	Q104 145,08
<u>20</u>	REPELLO + CERNIDO EN COLUMNAS, SOLERAS, CIELO Y VIGAS	M2	1 441,00	Q105,17	Q151 549,97
<u>21</u>	PISO	M2	670,00	Q304,37	Q203 927,90
<u>22</u>	HERRERIA (PUERTAS Y VENTANAS)	GLOBAL	1,00	Q190 687,50	Q190 687,50
<u>23</u>	BARANDAS	ML	34,00	Q385,74	Q13 115,16
<u>24</u>	PAÑUELOS	M2	200,00	Q197,17	Q39 434,00
<u>25</u>	LIMPIEZA	GLOBAL	1,00	Q13 140,38	Q13 140,38
TOTAL					Q1 846 318,35

Fuente: elaboración propia.

2.2. Calle adoquinada en aldea Chillani

2.2.1. Elementos que constituyen el pavimento con adoquín

Se describen los siguientes elementos

2.2.1.1. Subrasante

Es la superficie de terreno que soporta la estructura del pavimento, en el caso de la terracería es la capa por donde transitan los vehículos. Para conocer si una Subrasante es buena o mala, se debe conocer su granulometría, límites de Atterberg y su valor soporte C.B.R.

2.2.1.2. Sub base

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material granular, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso será menor de 8 cm ni mayor de 70 cm, según norma AASTHO T 193.

Esta capa se destina, fundamentalmente, a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las capas superiores del pavimento, de manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar.

Tiene como función:

- Aumentar el valor soporte del suelo y uniformizar la resistencia a lo largo del proyecto.
- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub-rasante.

2.2.1.3. Base

Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante, al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores y funciona como drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento al evitar el bombeo y los cambios de volumen de las capas inferiores. El espesor de la capa base debe estar comprendido entre los 10 y 30 cm, según norma AASTHO T 27 y T 11.

Entre sus principales características y funciones están las siguientes:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.
- Ser resistentes a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.
- Tener mayor capacidad que el material de sub-base.

2.2.1.4. Capa de asiento

Es una capa de arena colocada debajo de los adoquines que proporcionan un acomodo uniforme a lo largo del proyecto y sirve como drenaje por si existiese alguna filtración en las juntas evitando que se dañe la capa de base

La cama de asiento debe poseer las siguientes características:

Proporcionar un acondicionamiento para los adoquines sobre la capa base, cubriendo todas las irregularidades que ésta pueda tener.

Brindar apoyo uniforme para toda el área de cada uno de los adoquines.

Drenar el agua que pueda provenir de la infiltración en las juntas de los adoquines y con ello evitar que dañe la capa base.

El material debe tener un tamaño máximo de grano de 5 mm y no debe contener materia orgánica no fina arcillosa.

El espesor de la capa de arena, una vez compactada, debe ser de 2 a 3 cm.

2.2.1.5. Carpeta de rodadura

Es la capa formada por los adoquines que directamente soporta la carga vehicular. Existen diferentes formas de adoquín, la que se usará en este proyecto es la más común, el de tipo cruz.

La carpeta de rodadura de un pavimento adoquinado comprende los siguientes elementos:

- Bloques de adoquín prefabricado
- Bordillo
- Llaves de confinamiento
- Relleno de juntas

2.2.1.6. Llave de confinamiento

Su fin es restringir el desplazamiento longitudinal, la separación entre llaves transversales se aprecia en la siguiente figura.

Figura 36. **Porcentaje de espaciamiento de llaves vrs. pendiente**



Fuente: Caniz Orozco Mario René, Diseño y planificación de proyectos de adoquinado.

Las pendientes de los tramos varían entre 1% como mínimo a 11 % como máximo, por lo tanto, para uniformizar el espaciamiento entre las llaves de confinamiento se empleará un espaciamiento de 10 m, al utilizar la gráfica anterior obtenemos el espaciamiento indicado.

2.2.1.7. Bordillo

Elemento que sirve para dar alineación a las calles y banquetas y evita que los adoquines se desplacen lateralmente, de la misma manera sirve como medio para drenar las aguas pluviales y conducirlos a un punto de desfogue.

2.2.1.8. Pendiente o bombeo lateral

Sirve para desfogar rápidamente las aguas pluviales; existen dos formas de disponer de estas pendientes. La primera es con la pendiente para “afuera”; se usa cuando existen o se harán bordillos o aceras, y el agua correrá por los extremos de la calle y evacuará el agua en los tragantes laterales; la segunda es con la pendiente para “adentro”, esta se usa cuando no existen bordillos y no se harán en el proyecto, en este caso el agua correrá por el centro de la calle y evacuará el agua en los tragantes centrales.

2.2.2. Topografía preliminar

La topografía se utiliza para obtener la información necesaria para diseñar la calle que se va ampliar y adoquinar; para este proyecto se realizó un estudio topográfico de planimetría y altimetría, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: dirección, elevación y distancia.

2.2.2.1. Planimetría

Consiste en obtener las características horizontales de la superficie. Se miden las distancias horizontales y los ángulos que definen la ruta preliminar.

Con la planimetría se representan los puntos por donde pasará la calle y se definen los accidentes geográficos que pueden afectar el diseño de la

carretera, en este caso, se empleó el método una poligonal abierta con radiaciones.

2.2.2.2. Altimetría

Consiste en obtener las elevaciones o alturas de cada punto respecto a un plano de referencia. Con la altimetría se obtiene la representación en relieve del terreno, para este caso se empleó el método de nivelación geométrica o por alturas.

2.2.2.2.1. Secciones transversales

La sección transversal en un punto de una carretera, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Las secciones transversales están definidas por: la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía.

Por medio de estas secciones se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado.

2.2.3. Ensayo de suelos

A partir de este estudio se establece la estructura de pavimento que se empleará en la construcción. Por lo tanto, dependiendo de la calidad del suelo existente, se realiza un análisis de la necesidad de colocación de una capa de transición sobre la cual se apoye el pavimento tipo adoquín.

Los ensayos de suelos que se realizan en este estudio tienen diferentes fines siendo estos los siguientes:

- Clasificación del tipo de suelo.
- Control de la construcción y determinación de la resistencia del suelo.

Clasificación del suelo

Los ensayos para la clasificación del suelo son utilizados para poder describir y clasificar los suelos de una forma adecuada, siendo estos los siguientes.

2.2.3.1. Análisis de granulometría

El análisis de granulometría consiste en separar y clasificar por tamaño los granos que componen el suelo. A partir de esta clasificación se representan los resultados del análisis en forma gráfica, con lo que se obtiene una curva de distribución granulométrica.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo con el tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla XXXIX. **Clasificación de material según sus partículas**

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa 2 mm – 0,2 mm Arena fina: 0,2 mm – 0,05 mm
Limo	0,05 mm – 0,005 mm
Arcilla	Menor a 0,005 mm

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. p. 113.

Según los resultados obtenidos del ensayo de granulometría, el suelo posee 0.64 % de grava, 34,93 % de arena y 64,43 % de finos. El suelo se clasificó como Limo arenoso color café oscuro, A-4 según clasificación AASHTO.

El análisis granulométrico es llevado a cabo en dos procesos

El primero consiste en saturar una muestra de suelo y dejarla reposar por un día para luego efectuar un lavado con agua en el tamiz 200 (0.075 mm), se ingresa la muestra al horno de 16 a 24 horas a una temperatura constante de 110°C.

El segundo proceso se realiza con la porción de la muestra que ya ha sido lavada y que está completamente seca. Esta se introduce en la parte superior de un juego de tamices que incluyen el ¾" (19,05 mm), el 4 (4,76 mm), el 10 (2,00 mm), el 40 (0,425 mm) y el 200 (0,074 mm), y se coloca en la máquina tamizadora 7 minutos.

Terminado este paso se pesa cada porción en la balanza y se hacen los cálculos matemáticos de porcentajes de gravas, arenas y finos.

2.2.3.2. Límites de Atterberg

Los límites de consistencia de los suelos, también conocidos como límites de Atterberg, sirven para determinar las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos y están representados por su contenido de humedad.

Los límites de consistencias comprenden el límite líquido y el límite plástico. El límite líquido es el contenido de humedad de un suelo en el límite superior del intervalo plástico. El límite plástico es el contenido de humedad de un suelo en el límite inferior del intervalo plástico. Este intervalo representa el rango de contenido de humedad en el que un suelo posee consistencia plástica.

Para estos ensayos es necesario separar una muestra de suelo que pasa por el tamiz 40 (0,425 mm), colocarlo en una cápsula de porcelana y añadirle agua hasta llegar a formar una pasta homogénea. La muestra se puede trabajar a partir del día siguiente de su conformación.

2.2.3.2.1. Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Este límite se define como el contenido de agua necesario para que se cierre una abertura de una porción del material y vuelta a mezclar con la espátula en la copa de Casagrande con un ranurador que separa la muestra 1,27 cm. Se hace funcionar el mecanismo a una velocidad de 2 golpes por segundo y se busca que la abertura cierre a los 25 golpes, aunque también se puede aplicar una tabla de corrección si el número de golpes está comprendido entre los 15 y 35. Una vez efectuado el proceso, se toma una porción de la pasta y se pesa en la balanza, luego se introduce en el horno a una temperatura uniforme de 16 a 24 horas y se saca la muestra para volverla a pesar y comparar los resultados, obteniendo así el límite.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. A medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen, el límite aumenta. Este procedimiento está basado en la norma AASHTO T 89.

2.2.3.2.2. Límite plástico

Es el mínimo contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, cuando ya está un poco endurecido, pero no llega a ser semisólido. Cuando el suelo se encuentra en este nivel de contenido de humedad está a punto de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Para efectuar este ensayo se utiliza una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido. Se deja secar hasta que alcanza una consistencia que no se adhiera a la palma de la mano sobre una placa de vidrio, formando un cilindro de aproximadamente 1/8" de diámetro y de unas 4" de largo; al llegar a este tamaño se vuelve a hacer una esfera con el material y se repite el procedimiento, reduciendo el contenido de humedad por el manipuleo, hasta que el cilindro se raje. En este momento, se determina el contenido de humedad de la misma forma como se calculó el límite líquido, así se obtiene el límite plástico.

El procedimiento mencionado se encuentra descrito en la norma AASHTO T 90.

2.2.3.2.3. Índice plástico

Este índice es el más importante y el más usado. Para averiguarlo no es necesario realizar otro ensayo aparte de los dos anteriores, únicamente consiste en efectuar la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico. El índice plástico muestra el margen de humedad, dentro del cual el suelo se encuentra en estado plástico. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Los límites líquido y plástico dependen de la calidad y el tipo de arcilla, pero el índice plástico depende de la cantidad de arcilla.

La plasticidad del suelo se puede definir de la manera siguiente:

- Cuando el índice plástico es igual a 0, el suelo es no plástico.
- Cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad.
- Cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17, el suelo es medianamente plástico.
- Cuando el índice plástico es mayor de 17, el suelo es altamente plástico.

2.2.3.2.4. Índice de grupo

El índice de grupo es un valor que indica la calidad del suelo dependiendo de su granulometría y de los valores obtenidos para el límite líquido y el índice de plasticidad. Por lo tanto, toma en cuenta las siguientes propiedades de los suelos:

- Proporción de finos
- Límites de Atterberg

Debe ser un número entero positivo comprendido entre cero y veinte (0-20). Si resulta un número fraccionario, se redondea al entero más cercano; si resulta un valor negativo, se adopta el cero; y si es mayor de veinte, se toma como veinte.

Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$IG = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd$$

donde:

- Ig índice de grupo
- a (% pasa No. 200)-35
- b (% pasa No. 200) – 15
- c LL-40
- d IP-10

El valor resultante del índice de grupo es función de la calidad del suelo.

2.2.3.3. Proctor

Esta prueba se hace con la finalidad de obtener la densidad máxima y la humedad óptima en un ensayo llamado Proctor.

La masa de los suelos está formada por partículas sólidas y vacías. Estos últimos pueden estar llenos de agua, aire o ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene un mayor número de vacíos, los que van reduciéndose conforme se somete a compactación hasta llegar a un mínimo, que es cuando la masa del suelo alcanza su menor volumen y su mayor peso.

Esto se conoce como “densidad máxima”. Para alcanzar la densidad máxima es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la cual se conoce como “humedad óptima”.

Al alcanzar el suelo su máxima densidad se reduce el volumen de vacíos y la capacidad de absorber humedad, y también aumenta la capacidad para soportar mayores cargas.

Existen dos tipos de ensayo Proctor:

Proctor normal (AASHTO T 99)

Proctor modificado (AASHTO T 180)

El primer paso consiste en tomar una cantidad de suelo y añadirle una cantidad específica de agua.

En el ensayo de Proctor normal se utiliza un molde cilíndrico de 4” de diámetro y 4.58” de altura, teniendo así un volumen de 1/30 de pie cúbico. Se le coloca en la parte superior un collar del mismo diámetro para darle una altura adicional.

Se llena el molde en 3 capas iguales del material que se va a ensayar, compactando cada uno con 25 golpes de un martinete de 5.5 libras de peso, un diámetro de 2” y una altura de caída de 12”.

Para el ensayo de Proctor modificado se utiliza un molde con las mismas dimensiones del anterior y su respectivo collar, pero en este caso, el molde se llena en 5 capas, compactando cada capa con 25 golpes de un martinete de 10 libras de peso, con una altura de caída de 18”.

En los dos ensayos, luego de compactada la muestra, se saca del molde y se obtienen porciones que sirven para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo. Se agrega más agua a la muestra y se repite el proceso de compactación hasta que se tengan datos para la curva de densidad seca contra contenido de humedad.

Para carreteras en Guatemala es obligatorio el uso del ensayo Proctor modificado, el cual tiene las siguientes ventajas con respecto del Proctor normal:

Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.

Teniendo una humedad óptima más baja, las operaciones de riego son más económicas, lo que facilita la compactación.

2.2.3.4. Relación California Bearing Ratio (C.B.R), (AASHTO T 193)

Desarrollado por la División de Carreteras de California, es el método más usado para evaluación de resistencia al corte de los suelos. El CBR es una medida de la resistencia al corte del suelo en condiciones controladas de densidad y humedad.

Este método comprende tres ensayos:

- Determinación de la densidad máxima y la humedad óptima.
- Determinación de las propiedades expansivas de los materiales
- Determinación del valor soporte

Se expresa en porcentaje de la carga requerida para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo y con ello poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

Para determinar la expansión, a cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 lb. Sobre el vástago ajustable se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode y ajustando la lectura a cero. Se sumerge en agua durante cuatro días, tomando lecturas cada 24 horas y controlando la expansión del material.

El objeto de sumergir la muestra durante cuatro días en agua es para someter los materiales usados en la construcción a las peores condiciones que puedan estar sujetos en el pavimento.

Se puede hacer la siguiente clasificación con respecto al valor soporte CBR:

Tabla XL. **Clasificación de material según su CBR**

No. de CBR	Clasificación general	Usos
0-3	Muy pobre	Subrasante
3-7	Pobre A regular	Subrasante
7-20	Regular	Subbase
20-50	Bueno	Base, Subbase
> 50	Excelente	Base

Fuente: BOWLES, Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. p. 191.

Para la muestra de material, se obtuvo un valor de CBR de 5,75% por lo que se clasifica el material como Pobre A regular y tiene un uso para Subrasante

Análisis de resultados

A continuación, se presenta un resumen de los ensayos efectuados donde se observan las siguientes características del suelo:

Descripción del tipo de suelo: Limo arenoso color café

Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A-4

Límite líquido: 31,6 %

Límite plástico: 7,9 %

Densidad máxima: 91,90 lb/pie³

Humedad óptima: 28,50 %

CBR al 95% de compactación es de 5,75 % aprox.

El análisis demuestra que el material cumple con los requisitos de subrasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50%. El 95% de compactación se alcanzará con la humedad óptima del 28,5% y el CBR es mayor del 5%.

2.2.4. Diseño geométrico

Criterios de diseño

El diseño se basa en una carretera tipo F, clasificación según la Dirección General de Caminos; con un tráfico promedio diario (TPD) de 10 a 100 vehículos y ancho de calzada de 5,50 metros, esto debido al aforo de vehículos en el cual dio como resultado de un TPD de 43; según el reporte del Registro

Fiscal de Vehículos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), para el departamento de Guatemala es el que más unidades reporta, con 1 millón 357 mil 599, para el año 2 017, para un crecimiento de 91,6% en 10 años, por lo tanto empleando la tasa de incremento de vehículos para 10 años arroja un valor de TPD de 83 vehículos.

Consiste en diseñar y trazar la línea central de la carretera. Para el trazo de la línea central se deben tomar en cuenta muchos factores, entre ellos están: la topografía del terreno, la geología y tipo de suelos por donde pasará la carretera, la hidrología de la región, accidentes geográficos cercanos al terreno por donde pasará la carretera e infraestructura cercana a la carretera.

Con el diseño geométrico se definen tanto el eje en planta como en perfil, por lo que se deben realizar alineamientos horizontales y verticales.

Según las normas de la Dirección General de Caminos en la tabla XLIII, se dan las características geométricas para un camino tipo F por ser el tipo de carretera que se diseñará.

Tabla XLI.

Clasificación y características de las carreteras

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A 5000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500 A 3000	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1500	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

ESTRUCTURAS:	CARGA	H-15-S-12	NOTAS:
	ALTURA LIBRE	4.75 m	
	ANCHO RODADURA	7.90 m	
ESFUERZOS UNITARIOS	CONCRETO CLASE "A"		1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
	ACERO DE REFUERZO		2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
	ACERO ESTRUCTURAL		3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
	* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=		4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico(caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D":Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.
	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL		

Fuente: Dirección General de Caminos

Fuente: Dirección General de Caminos (DGC).

Los parámetros de diseño se tomaron del el *Manual Centroamericano para Diseño geométrico de carreteras y Pavimentos* SIECA, el libro de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos (DGC) y algunos criterios de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte, por sus siglas en inglés AASHTO (American Association of State Highway and Transportación Officials).

Para determinar el diseño y tipo de carretera, se utilizaron como parámetros de diseño el tránsito promedio diario (TPD), la topografía de la zona donde se encuentra la carretera y el tipo de vehículo que circulará por la carretera.

2.2.4.1.1. Diseño Planimetrico

Es el diseño de la carretera horizontalmente, se calculan tangentes o rectas, y las curvas que unirán dichas rectas. El diseño horizontal deberá cumplir con las Normas establecidas por la Dirección General de Caminos (DGC).

2.2.4.1.2. Diseño de Localización

El diseño de la línea de localización, es el trazo final y definitivo consiste en un proceso de tanteos y comparaciones, tomándose en cuenta una serie de aspectos y consideraciones después de los tanteos.

Consideraciones importantes a tomar en cuenta para el diseño de la línea de localización:

- El uso de tangentes largas, pero no excesivas, ofrece seguridad. Sin embargo, hay que quebrarlas para alejarse de terrenos pantanosos, lugares donde el derecho de vía es muy costoso.
- Es preferible una línea que siga las ondulaciones del terreno, que una tangente larga con repetidos cortes y rellenos.
- Para una velocidad de diseño, debe evitarse el uso de la curvatura máxima permisible.
- Debe evitarse un alineamiento con quiebres bruscos.
- Evitar curvas sucesivas cuando existan tangentes cortas.
- El diseño se efectúa utilizando tangentes, curvas de diseño y las especificaciones.

Se efectuó el primer tanteo, tratando de seguir la línea fijada por la curva de la subrasante trasladada del perfil a planta. Si se logra adaptar la línea de localización a esta curva, su perfil seguirá la pendiente de la subrasante, es decir que se obtendría una condición ideal de corte y relleno en toda la línea, en muchos casos es difícil de conseguir. La carretera actual cuenta con curvas muy cerradas por lo que fue difícil adaptarse lo mejor posible a las características del terreno. Luego, con líneas, se unen a través de tangentes las curvas, moviendo constantemente dichas tangentes y curvas hasta que el proyecto obtenga una forma lógica. Dado que la carretera está establecida desde hace mucho tiempo, se acomodó de la mejor manera posible al alineamiento horizontal ya existente, rectificando curvas y tangentes.

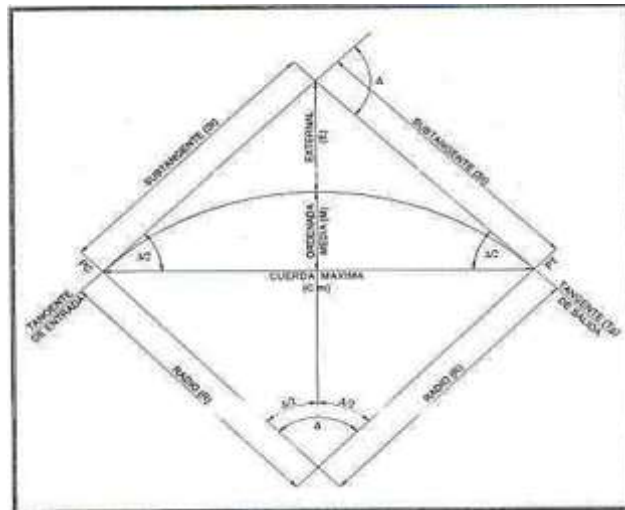
2.2.4.1.3. Tangentes y curvas horizontales

Son segmentos de circunferencia que sirven para unir dos rectas consecutivas. Para el cálculo de los elementos de curvas horizontales es

necesario conocer las deflexiones entre tangentes (Δ) y el grado de curvatura (G).

El grado de curvatura de una curva depende la velocidad de diseño de la carretera. Mientras mayor sea la velocidad de diseño de la carretera menor será el grado de curvatura.

Figura 37. **Elementos de curva circular simple**



Fuente: Augusto Rene Pérez Méndez. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Página 29.

En la figura 37 se pueden apreciar los siguientes elementos:

- Subtangente (St)
- Delta (Δ)
- External (E)
- Longitud de curva (LC)
- Cuerda máxima (Cm)
- Principio de curva (PC)

- Principio de tangente (PT)
- Ordenada media (OM)
- Radio (R)
- Centro de curva
- Punto de intersección (PI)

Grado de curvatura

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud.

$$G = 1\,145,9156 / R$$

Subtangente

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI) o la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT).

$$St = R * \tan (\Delta/2)$$

External

Distancia entre el punto de intersección (PI) y el arco de la curva, intersecta la curva exactamente en el centro.

$$E = R * [\sec (\Delta/2) - 1]$$

Longitud de curva

Distancia total del arco o de la curva, inicia en el PC y termina en el PT.

$$Lc = (20 * \Delta) / G$$

Cuerda máxima

Distancia en línea recta desde el PC hasta el PT.

$$CM = 2 * R * \text{sen} (\Delta/2)$$

Ordenada media

Distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R * (1 - \cos (\Delta/2))$$

Ejemplo de aplicación (curva 1)

Deflexión (Δ)

Entre dos azimuts existe un delta o diferencia angular, la forma de calcularlo es restando el azimut 2 del azimut 1 y sirve para escoger el tipo de curvatura que se utilizará. Mientras más grande es el radio se utiliza un grado de curvatura mayor. Para facilitar su cálculo el Angulo delta fue obtenido del programa CivilCAD 2016.

$$\Delta = 10^{\circ} 15' 30''$$

Radio (R)

Es la distancia perpendicular al principio de curva (PC), o principio de tangente (PT), hacia el centro. Por ser carretera tipo F, el radio mínimo es de 18 m, así que se diseña con el radio mínimo porque el espacio es reducido y si el terreno lo permite el radio puede proponerse más grande.

$$R = 200 \text{ m}$$

Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. Es decir, que el grado de curva (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = 1145,9156 / 200 \quad G = 6$$

Longitud de curva (LC)

Es la distancia medida desde el principio de la curva (PC), al principio de tangente (PT), sobre la curva diseñada.

$$L_c = (20 \times 10^\circ 15' 30'') / 6 \quad L_c = 34.19 \text{ m}$$

Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT) es igual, en curvas circulares simples que forma un ángulo de 90° con el radio.

$$St = 200 \times \tan (10^\circ 15' 30'') / 2 \quad St = 17.95 \text{ m}$$

External (E)

Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = 200 \times \sec (10^\circ 15' 30'') / 2 - 1 \quad E = 0.80 \text{ m}$$

Ordenada media (Om)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = 200 (1 - \cos (10^\circ 15' 30'') / 2) \quad Om = 0.80 \text{ m}$$

Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangencia PT.

$$Cm = 2 \times 200 (\sin (10^\circ 15' 30'') / 2) \quad Cm = 35.76 \text{ m}$$

2.2.4.1.4. Curvas de transición

La sección transversal de la carretera sobre un alineamiento recto tiene una inclinación llamada bombeo, la cual facilita el drenaje o escurrimiento del agua de lluvia. El valor del bombeo dependerá del tipo de superficie y de la intensidad de las lluvias en la zona del proyecto, variando del 1 al 4 por ciento.

Asimismo, la sección transversal de la calzada sobre un alineamiento curvo tendrá una inclinación asociada al peralte, el cual tiene por objetivo facilitar el desplazamiento seguro de los vehículos sin peligros de deslizamientos.

Las curvas de transición se utilizan para hacer el cambio de pendiente de una sección transversal con bombeo a una sección transversal con peralte. La función de la curva de transición es hacer el cambio de pendiente de una forma gradual a lo largo de la curva.

Para obtener la longitud de la curva de transición se pueden utilizar varios métodos. Si se toma en cuenta la variación de la aceleración centrífuga, se puede deducir una fórmula en función de la velocidad de diseño y del radio de la curva circular. Para calcular la longitud de curva de transición se puede utilizar la siguiente fórmula:

Fórmula de Barnett, deducida de la fórmula de Euler

$$L_t = V^3 / 28 R$$

Donde:

- | | |
|-------|-------------------------------------|
| L_t | longitud de curva de transición (m) |
| V | velocidad de diseño (kph) |
| R | radio de la curva circular (m) |

2.2.4.1.5. Peralte

Es la pendiente transversal que se coloca en las curvas de la carretera para poder contrarrestar la fuerza centrífuga ejercida por los vehículos en las curvas.

$$e = (V^2 / (127 * R)) - Cr$$

Donde:

E	peralte
V	velocidad
R	radio
Cr	coeficiente de rozamiento

Para el diseño de peralte se empleará la siguiente tabla:

Tabla XLII.

Peralte y longitud de espiral recomendados

VELOCIDAD		30		40		50		60		70		80		90		100		110		120													
G°	RADIO	D=37		D=50		D=63		D=77		D=93		D=110		D=130		D=150		D=175		D=210													
		e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls	e%	Ls												
1°	1145.92	BN	17	0'51"	BN	23	1'09"	BN	28	1'24"	1.4	34	1'42"	1.9	39	1'57"	2.5	45	2'15"	3.1	50	2'30"	3.8	58	2'48"	4.7	63	3'06"	5.5	67	3'21"		
2°	572.96	BN	17	1'42"	BN	23	2'18"	BN	28	2'48"	2.8	34	3'24"	3.8	39	3'54"	4.9	45	4'30"	6.2	51	5'06"	7.7	64	6'24"	9.0	79	7'54"	9.9	94	9'24"		
3°	381.97	BN	17	2'33"	BN	23	3'27"	BN	28	4'12"	4.1	34	5'00"	5.6	40	6'00"	7.3	53	7'57"	8.9	69	10'21"	9.9	83	12'27"								
4°	286.48	1.4	17	3'24"	2.5	23	4'36"	3.8	28	5'36"	5.5	35	7'00"	7.47	49	9'48"	9.1	65	13'00"	10.00	77	15'24"											
5°	229.18	1.7	17	4'15"	3.1	23	5'45"	4.8	28	7'09"	6.8	42	10'30"	8.7	58	14'30"	9.9	71	17'45"														
6°	190.89	2.1	17	5'06"	3.7	23	6'54"	5.8	32	9'36"	7.9	48	14'24"	9.6	64	19'12"																	
7°	163.70	2.4	17	5'57"	4.3	24	8'24"	6.6	37	12'57"	8.8	54	18'54"	10.00	67	23'27"																	
8°	143.24	2.8	17	6'48"	4.9	25	10'00"	7.4	41	16'24"	9.4	58	23'12"																				
9°	127.32	3.1	17	7'39"	5.5	26	12'36"	8.1	45	20'15"	9.8	60	27'00"																				
10°	114.59	3.5	17	8'30"	6.1	31	15'30"	8.7	49	24'30"	10.00	61	30'30"																				
11°	104.17	3.8	17	9'21"	6.6	33	18'09"	9.1	51	28'03"																							
12°	95.49	4.2	19	11'24"	7.1	36	21'36"	9.5	53	31'48"																							
13°	88.15	4.5	20	13'00"	7.6	38	24'42"	9.8	55	35'45"																							
14°	81.85	4.8	22	15'24"	8.0	40	29'00"	9.9	56	39'12"																							
15°	76.39	5.2	23	17'15"	8.4	42	31'30"	10.00	56	42'00"																							
16°	71.62	5.5	25	20'00"	8.7	44	35'12"																										
17°	67.41	5.8	26	22'00"	9.0	45	38'15"																										
18°	63.66	6.1	27	24'18"	9.3	47	42'18"																										
19°	60.31	6.4	29	27'33"	9.5	48	45'36"																										
20°	57.30	6.7	30	30'00"	9.7	49	49'00"																										
21°	54.57	7.0	32	33'36"	9.8	49	51'27"																										
22°	52.09	7.2	32	35'12"	9.9	50	55'00"																										
23°	49.82	7.5	34	39'06"	10.0	50	57'30"																										
24°	47.75	7.8	35	42'00"	10.0	50	60'00"																										
25°	45.84	7.9	36	45'00"																													
26°	44.07	8.1	37	48'00"																													
27°	42.44	8.3	37	49'57"																													
28°	40.93	8.5	38	53'12"																													
29°	39.51	8.7	39	56'33"																													
30°	38.20	8.9	40	60'00"																													
31°	36.97	9.0	41	63'33"																													
32°	35.81	9.2	41	65'36"																													
33°	34.73	9.3	42	69'18"																													
34°	33.70	9.4	42	71'24"																													
35°	32.74	9.5	43	75'15"																													
36°	31.63	9.6	43	77'24"																													
37°	30.97	9.7	44	81'24"																													
38°	30.16	9.8	44	83'36"																													

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "A" RECOMENDADO POR LA AASHO
2.- EL PERALTE SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Leiscod

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2.4.1.6. Sobreancho

Es el ancho adicional que se da a la curva para que los vehículos no se salgan de la carretera. Para dicho proyecto no se considerará el sobreancho porque en unas curvas la carretera ya se encuentra delimitadas y no se puede exceder más que al ancho establecido.

Tabla XLIII. Resumen de diseño geométrico horizontal

Diseño de curvas horizontales										
Curva	Radio	Grado de curvatura	Deflexión	Subtangente	Longitud de curva	External	Ordenada media	Cuerda máxima	e%	Ls
1	200	6	10°15'30''	17,95	34,19	0,80	0,80	35,76	2,1	17
2	35,389	32	22°58'18''	7,19	14,36	0,72	0,71	14,09	9,2	41
3	200	6	6°51'23''	11,98	22,85	0,36	0,36	23,92	2,1	17
4	200	6	1°46'24''	3,10	5,91	0,02	0,02	6,19	2,1	17
5	68,396	17	32°31'24''	19,95	38,26	2,85	2,74	38,31	5,8	26
6	200	6	4°30'28''	7,87	15,03	0,15	0,15	15,73	2,1	17
7	200	6	14°16'51''	25,05	47,60	1,56	1,55	49,72	2,1	17
8	73,85	16	8°20'22"	5,38	10,42	0,20	0,20	10,74	5,5	25
9	6,58	174	10°40'36''	0,61	1,23	0,03	0,03	1,22	BN	BN
10	200	6	6°14'22''	10,90	20,80	0,30	0,30	21,77	2,1	17
11	200	6	1°31'30''	2,66	5,08	0,02	0,02	5,32	2,1	17
12	75,15	15	11°42'36''	7,71	15,61	0,39	0,39	15,33	5,2	23
13	18	64	17°48'22''	2,82	5,56	0,22	0,22	5,57	BN	BN
14	200	6	8°46'16''	15,34	29,24	0,59	0,59	30,59	2,1	17
15	200	6	8°49'12''	15,42	29,40	0,59	0,59	30,76	2,1	17
16	200	6	10°35'39''	18,54	35,31	0,86	0,85	36,93	2,1	17
17	200	6	20°33'13''	36,26	68,51	3,26	3,21	71,36	2,1	17
18	21,8	53	32°46'29''	6,41	12,37	0,92	0,89	12,30	BN	BN
19	200	6	12°01'33''	21,07	40,09	1,11	1,10	41,90	2,1	17
20	200	6	13°07'46''	23,02	43,76	1,32	1,31	45,73	2,1	17
21	200	6	1°59'18''	3,47	6,63	0,03	0,03	6,94	2,1	17
22	200	6	9°23'14''	16,42	31,29	0,67	0,67	32,73	2,1	17
23	200	6	25°13'23''	44,75	84,08	4,94	4,83	87,34	2,1	17

Continuación de la Tabla XLIII. Resumen de diseño geométrico horizontal

Curva	Radio	Grado de curvatura	Deflexión	Subtangente	Longitud de curva	External	Ordenada media	Cuerda máxima	e%	Ls
24	76,51	15	2°53'53''	1,94	3,86	0,02	0,02	3,87	5,2	23
25	200	6	9°26'47''	16,52	31,49	0,68	0,68	32,94	2,1	17
26	200	6	10°04'02''	17,62	33,56	0,77	0,77	35,10	2,1	17
27	23,35	49	25°22'12''	5,26	10,36	0,58	0,57	10,25	BN	BN
28	62,57	18	11°33'13''	6,33	12,84	0,32	0,32	12,60	6,1	27
29	34,35	33	14°54'44''	4,50	9,04	0,29	0,29	8,91	9,3	42
30	41,06	28	16°21'22''	5,96	11,80	0,43	0,43	11,80	8,5	38
31	42,02	27	9°43'51''	3,58	7,21	0,15	0,15	7,13	8,3	37
32	51,67	22	8°35'23''	3,88	7,81	0,15	0,15	7,74	7,2	32
33	49,15	23	16°06'16''	6,95	14,00	0,49	0,48	13,77	7,5	34
34	52,75	22	11°05'17''	5,12	10,08	0,25	0,25	10,19	7,2	32
35	31,64	36	15°45'52''	4,38	8,76	0,30	0,30	8,68	9,5	43
36	200	6	13°40'27''	23,98	45,58	1,43	1,42	47,62	2,1	17
37	200	6	9°07'31''	15,96	30,42	0,64	0,63	31,82	2,1	17
38	200	6	4°03'26''	7,08	13,52	0,13	0,13	14,16	2,1	17
39	200	6	8°55'22''	15,60	29,74	0,61	0,61	31,11	2,1	17
40	200	6	0°09'38''	0,28	0,54	0,0002	0,0002	0,56	2,1	17
41	200	6	13°46'30''	24,16	45,92	1,45	1,44	47,97	2,1	17
42	27,45	42	29°9'34''	7,14	13,89	0,91	0,88	13,82	BN	BN
43	200	6	7°51'59''	13,75	26,22	0,47	0,47	27,44	2,1	17
44	52,41	22	8°42'9''	3,99	7,91	0,15	0,15	7,95	7,2	32
45	37,24	31	24°38'35''	8,13	15,90	0,88	0,86	15,89	9	41
46	20,99	55	34°47'34''	6,58	12,65	1,01	0,96	12,55	BN	BN
47	30,05	38	34°38'08''	9,37	18,23	1,43	1,36	17,89	9,8	44
48	18,35	62	33°34'20''	5,54	10,83	0,82	0,78	10,60	BN	BN
49	19,92	58	42°11'30''	7,68	14,55	1,43	1,34	14,34	BN	BN
50	200	6	13°17'54''	23,31	44,33	1,35	1,35	46,32	2,1	17
51	200	6	1°41'23''	2,95	5,63	0,02	0,02	5,90	2,1	17
52	200	6	21°04'56''	37,22	70,27	3,43	3,38	73,18	2,1	17
53	38,7	30	30°40'16''	10,61	20,45	1,43	1,38	20,47	8,9	40

Continuación de la Tabla XLIII. Resumen de diseño geométrico horizontal

Curva	Radio	Grado de curvatura	Deflexión	Subtangente	Longitud de curva	External	Ordenada media	Cuerda máxima	e%	Ls
54	37,23	31	18°31'04''	6,07	11,95	0,49	0,49	11,98	9	41
55	27,7	41	14°58'40''	3,64	7,31	0,24	0,24	7,22	BN	BN
56	200	6	15°36'39''	27,42	52,04	1,87	1,85	54,32	2,1	17
57	18	64	1°03'51''	0,17	0,33	0,00	0,00	0,33	BN	BN
58	18	64	65°19'48''	11,54	20,42	3,38	2,85	19,43	BN	BN
59	200	6	1°17'53''	2,27	4,33	0,01	0,01	4,53	2,1	17
60	43,25	26	29°05'49''	11,22	22,38	1,43	1,39	21,73	8,1	37
61	38,78	30	27°88'43''	9,42	18,21	1,13	1,10	18,31	8,9	40
62	36,57	31	11°5'19''	3,55	7,15	0,17	0,17	7,07	9	41
63	56,52	20	7°05'07''	3,50	7,09	0,11	0,11	6,98	6,7	30
64	200	6	2°53'49''	5,06	9,66	0,06	0,06	10,11	2,1	17
65	200	6	4°13'50''	7,39	14,10	0,14	0,14	14,76	2,1	17
66	200	6	18°24'09''	32,40	61,34	2,61	2,57	63,96	2,1	17
67	200	6	14°22'36''	25,22	47,92	1,58	1,57	50,05	2,1	17
68	18	64	20°47'38''	3,30	6,50	0,30	0,30	6,50	BN	BN
69	18	64	41°13'56''	6,77	12,89	1,23	1,15	12,68	BN	BN
70	47,5	24	34°13'49''	14,63	28,53	2,20	2,10	27,96	7,8	35
71	200	6	11°55'32''	19,71	37,53	0,97	0,96	39,24	2,1	17
72	200	6	4°48'43''	8,40	16,04	0,18	0,18	16,79	2,1	17
73	200	6	7°14'17''	12,65	24,13	0,40	0,40	25,25	2,1	17
74	200	6	0°06'44''	0,20	0,37	0,0001	0,0001	0,39	2,1	17

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.2.4.2. Diseño altimétrico

De la misma manera que el diseño horizontal, el eje del alineamiento vertical está constituido por tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazados entre sí por curvas verticales. El alineamiento que se proyectará estará en directa correlación con la topografía del terreno natural.

Las pendientes del alineamiento vertical dependen tanto de la velocidad de diseño como del tipo de carretera y topografía del terreno. Para el diseño de la carretera se ha utilizado como pendiente máxima 14 por ciento. Para el diseño de las curvas verticales deben tomarse en cuenta factores de seguridad, comodidad, apariencia y drenaje. Las curvas verticales pueden diseñarse circular o parabólicamente. Por facilidad de cálculo y mejor adaptación a las condiciones topográficas, la Dirección General de Caminos recomienda diseñar las curvas verticales con el método de la parábola simple.

2.2.4.2.1. Diseño de subrasante

Es la línea trazada en el perfil que define las zonas de corte y de relleno. Sobre la subrasante se coloca la sub-base, la base y la carpeta de rodadura.

Se deberán de seleccionar los materiales que conformarán la subrasante. Habrán de ser suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento, de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR). No se debe colocar material con presencia de compuestos orgánicos, texturas fibrosas. Es importante que el material que se coloque no debe tener características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo o sección que se está reacondicionando.

2.2.4.2.2. Pendientes

Para optimizar en movimientos de tierra se tratará de seguir la pendiente del terreno respetando los siguientes valores máximos y mínimos.

La pendiente mínima será con la que sea posible drenar el agua de lluvia de la carretera eficientemente. Para este proyecto la pendiente mínima será de 0,5 por ciento.

La pendiente máxima para el diseño es de 14 %, de acuerdo con las Especificaciones de la Dirección General de Caminos.

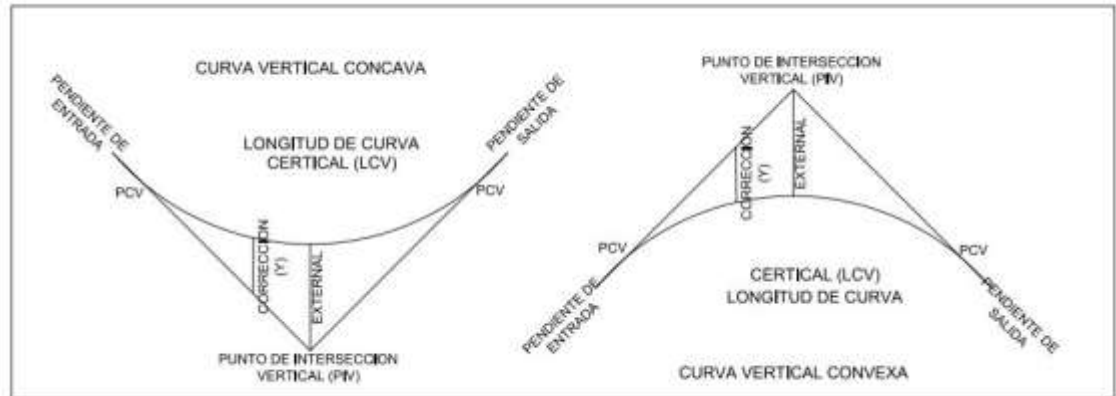
Según la dirección de las pendientes, pueden clasificarse en positivas y negativas. Las positivas son las que generan un cambio de altura positivo, es decir, la altura va aumentando con respecto a puntos de referencia anteriores.

Por el contrario, las pendientes negativas disminuyen la elevación con respecto a puntos anteriores.

2.2.4.2.3. Tangentes y curvas verticales

Después de definir las tangentes en el alineamiento vertical, se calcula las curvas verticales que unirán dos tangentes consecutivas. Como pueden suscitarse cambios de pendientes de positivo a negativo y viceversa, existen curvas verticales cóncavas y convexas. Las convexas se originan por un cambio de pendiente de positivo a negativo, mientras que las cóncavas de un cambio de pendiente de negativo a positivo.

Figura 38. **Elementos de curva Vertical**



Fuente: Augusto Rene Pérez Méndez. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Página 53.

Para determinar la longitud de curvas se tomarán en consideración los siguientes 4 criterios:

Criterio de seguridad

Es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella, la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Este criterio se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

Lcv longitud de curva vertical

K constante que depende de las velocidades de diseño

A% diferencia algebraica de pendientes

Tabla XLIV. **Valores para K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Calores de "K" según tipo de curva	
	Concava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	5	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: VALLADARES, Jorge Feliz. Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1. p. 34.

Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

Criterio de comodidad

Para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte, se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

Tabla XLV.

Resumen de diseño de curvas verticales

Diseño de curvas verticales														
No. Curva	pendiente de entrada	pendiente de salida	Diferencia Δ	tipo de curva	K curva de visibilidad (concava 2, convexa 1)	LCV de diseño	Apariencia (LCV / Δ)	criterio de Comodidad LCV/ Δ ≥ 1.012	criterio de Drenaje LCV/ Δ ≤ 43	criterio de Seguridad LCV= Δ x K	EST PIV	ELEV PIV	Ordenada media	ELEV SUBRASANTE CORREGIDA
1	-0,73	-2,53	1,8	convexa	2	1	25	13,89	V	1,8	0+080	11,96	0,06	12,02
2	-2,53	1,51	4,04	concava	2	1	50	12,38	V	8,08	0+131,25	10,96	0,25	11,22
3	1,51	8,84	7,33	concava	2	1	80	10,91	V	14,66	0+218,09	11,97	0,73	12,72
4	8,84	5,39	3,45	concava	2	1	80	23,19	V	6,9	0+301,84	19,37	0,35	19,72
5	5,39	0,85	4,54	concava	2	1	100	22,03	V	9,08	0+399,53	24,64	0,57	25,22
6	0,85	6,64	5,79	concava	2	1	40	6,91	V	11,58	0+608,05	26,42	0,29	26,72
7	6,64	1,96	4,68	convexa	2	1	50	10,68	V	4,68	0+679,99	31,19	0,29	31,49
8	1,96	0,84	1,12	convexa	2	1	40	35,71	V	1,12	0+769,14	32,94	0,06	33,00
9	0,84	-0,24	1,08	convexa	2	1	45	41,67	V	1,08	1+069,88	35,46	0,06	35,52
10	-0,24	-1,32	1,08	convexa	2	1	40	37,04	V	1,08	1+159,96	35,24	0,05	35,30
11	-1,32	6,22	7,54	concava	2	1	120	15,92	V	15,08	1+257,66	33,95	1,13	35,10
12	6,22	4,64	1,58	convexa	2	1	65	41,14	V	1,58	1+590,71	54,68	0,13	54,81
13	4,64	2,34	2,3	convexa	2	1	90	39,13	V	2,3	1+735,59	61,41	0,26	61,67
14	2,34	-0,23	2,57	convexa	2	1	110	42,80	V	2,57	1+979,43	67,11	0,35	67,47
15	-0,23	3,07	3,3	concava	2	1	140	42,42	V	6,6	2+135,56	66,74	0,58	67,33
16	3,07	-2,89	5,96	convexa	2	1	140	23,49	V	5,96	2+604,90	81,16	1,04	82,22
17	-2,89	-0,54	2,35	concava	2	1	100	42,55	V	4,7	2+736,25	77,36	0,29	77,66
18	-0,54	10,19	10,73	concava	2	1	80	7,46	V	21,46	2+923,44	76,36	1,07	77,46
19	10,19	3,08	7,11	convexa	2	1	70	9,85	V	14,22	3+090,06	93,33	0,62	93,97
20	3,08	1,12	1,96	convexa	2	1	80	40,82	V	1,96	3+290,68	99,5	0,20	99,70
21	1,12	5,44	4,32	concava	2	1	120	27,78	V	8,64	3+436,95	97,86	0,65	98,52
22	5,44	-0,42	5,86	convexa	2	1	70	11,95	V	5,86	3+554,93	104,28	0,51	104,81
23	-0,42	-4,46	4,04	concava	2	1	50	12,38	V	4,04	3+795,40	103,27	0,25	103,53
24	-4,46	-0,97	3,49	concava	2	1	40	11,46	V	6,98	3+896,88	98,74	0,17	98,92
25	-0,97	4,56	5,53	concava	2	1	30	5,42	V	11,06	4+108,06	96,68	0,21	96,90
26	4,56	-0,45	5,01	convexa	2	1	75	14,97	V	5,01	4+198,66	100,81	0,47	101,29

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.2.4.2.4. Correcciones

Al diseñar una curva vertical se deben calcular las cotas de la subrasante en la curva. Debido al cambio de pendientes hay que calcular las correcciones en las cotas o elevaciones. Mientras exista menor distancia entre el cálculo de correcciones mayor será la exactitud del cálculo de alturas de la curva. Para calcular las correcciones se utiliza la siguiente fórmula:

$$y = \frac{A \times L^2}{200 \times LCV}$$

Donde:

- y corrección
- A diferencia de pendientes (pendiente de salida menos pendiente de entrada)
- L distancia horizontal del PCV al punto donde se calcula la corrección; o también puede ser la distancia del PTV al punto donde se calcula la corrección.
- LCV longitud de curva vertical

2.2.5. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras es el corte, remoción, utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes; comprende también, la construcción de terraplenes, conformación, compactación y acabado de todo el trabajo de terracería.

El movimiento de tierras depende directamente, del diseño de la subrasante de la carretera, de la cual influye en el costo de la misma.

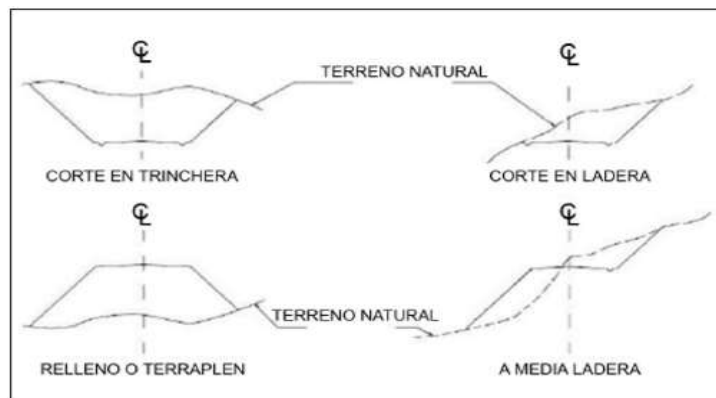
2.2.5.1. Cálculo de áreas de las secciones transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, se establecerán a cada 20 metros, con la sección típica de la carretera tipo F para regiones montañosas. Para esta sección se tienen establecidos los taludes de corte y relleno según su altura.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el método de determinantes, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, se calcula el área.

Para el diseño de esta carretera se utilizó el software AutoCAD Civil 3D 2016, para calcular las áreas de las secciones transversales.

Figura 39. Tipos de secciones transversales

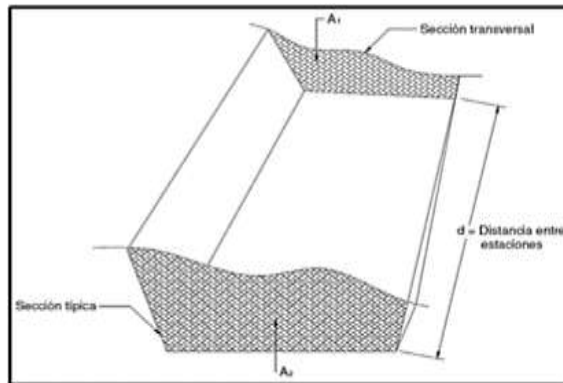


Fuente: CASANOVA, Leonardo. Elementos de geometría. p. 1-24

2.2.5.2. Cálculo de los volúmenes de tierra

Para el cálculo de volúmenes se deben conocer las áreas de las secciones, ya sean de corte, de relleno o combinadas. El volumen que se obtiene es el que se encuentra dentro de las dos secciones transversales.

Figura 40. **Representación geométrica para cálculo de volúmenes**



Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. p.65.

Fórmula para el cálculo de volúmenes:

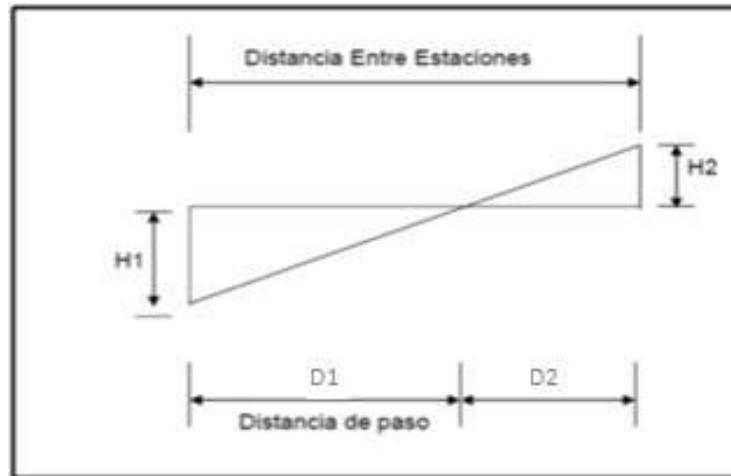
$$V = \frac{(A1 + A2)}{2} \times d$$

Donde:

- V Volumen de tierra
- A1 Área de sección 1
- A2 Área de sección 2
- d Distancia entre estaciones

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y la otra solamente área de relleno, debe calcularse una distancia de paso, la cual está comprendida entre la primera sección transversal y el punto donde el área cambia de corte a relleno o viceversa.

Figura 41. **Cálculo analítico de la distancia de paso**



Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. p. 67.

$$\frac{H1 + H2}{D} = \frac{H1}{d1}$$

Donde:

- C Área de corte
- R Área de relleno
- D Distancia entre estaciones
- d1 Distancia de paso

Despejando d1:

$$d1 = \frac{C \times D}{C + R} \quad VC = \frac{C}{2} \times d1$$

$$d2 = \frac{R \times D}{C + R} \quad VR = \frac{R}{2} \times d2$$

Los casos de distancia de paso que se pueden presentar son: final de corte, principio de corte, final de relleno, principio de relleno y combinados, siendo estos; final de corte y principio de relleno o viceversa.

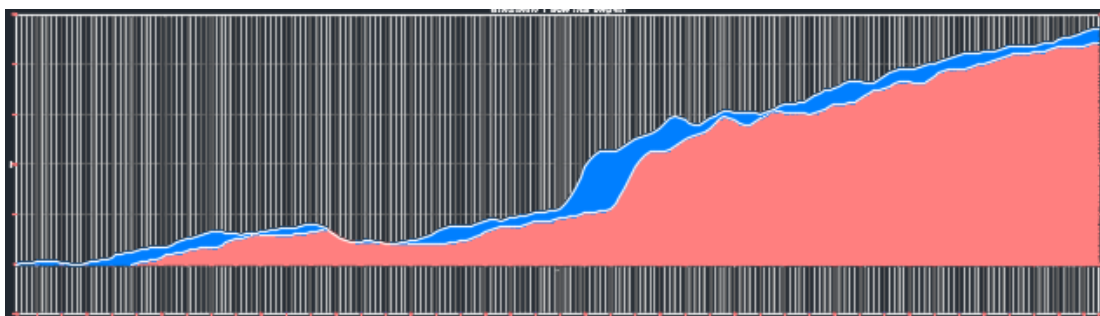
El cálculo de movimiento de tierras se obtuvo mediante resultados obtenidos por el programa AutoCAD Civil 3D 2016.

2.2.5.3. Cálculo de balance y diagrama de masas

El balance de masas es la diferencia de volúmenes de corte y de relleno acumulados en un tramo de carreta. Sirve para determinar la cantidad de material que se deberá cortar y la cantidad de material que servirá como relleno en donde sea necesario. El diagrama de masas es la representación gráfica del balance de masas.

Para el diseño de la calle se tomó en cuenta que la mayoría del movimiento de tierras es para relleno, por lo que el acarreo de materiales será tomado en bancos de materiales que se encuentran a menos de mil metros de distancia entre ellos, utilizando los camiones y maquinaria adecuada.

Figura 42. Diagrama de masas.



Fuente: Auto CAD Civil 3D

2.2.6. Diseño estructural

El método escogido para la elaboración de estos proyectos fue el de Mills, por su facilidad de manejo y las experiencias que se han tenido en el país, lo hacen el método más eficaz para el diseño de pavimentos con adoquín.

El método de Mills tiene como fundamento dos gráficas; la primera es la del espesor según el método de CBR y la segunda es la del espesor según el índice de grupo.

2.2.6.1. Análisis de tránsito

La estimación del tránsito que soportará el pavimento tipo adoquín debe considerar los conteos actuales y las actividades del área a que servirá la pista a construir, así como posibles usos futuros; sin embargo, Mills estima más importante el peso máximo de los vehículos que su cantidad; un solo vehículo excesivamente pesado puede causar más daño a un pavimento que mil vehículos ligeros. Sin embargo, el número de aplicaciones de carga tiene un efecto y por ello la clasificación del tránsito considera tanto el número como el peso de los vehículos.

Tabla XLVI. **Cargas de diseño para adoquinamiento**

Tipo de tránsito	Tránsito total durante 24 horas			Carga de diseño (lb/rueda)
	Total vehículos	Camiones autobuses	Camiones pesados	
Pesado	3000 mín.	700 mín	150 mín.	14000
Mediano	1000-3000	250-700	50-150	12000
Liviano	1000 máx.	250 máx.	50 máx.	10000

Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

2.2.6.2. Capa de rodadura o superficie

La capa de rodadura está constituida por los adoquines en sí. El espesor del adoquín se elegirá atendiendo al tránsito para el cual se proyecte la pista.

Los espesores recomendados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XLVII. **Espesores mínimos recomendados**

Clasificación del tráfico	Espesor del adoquín	Recomendable aplicarlo para
Pesado	12 cm	Autopista de tráfico intenso Calles de tráfico de autobuses y camiones Aeropuertos Pacios para maquinaria pesada Pacios para vehículos militares Pacios industriales
Mediano	10 cm	Autopistas para tráfico moderado Calles con tráfico de vehículos de carga livianos Caminos vecinales con tráfico pesado escaso
Liviano	8 cm	Parqueos para vehículos livianos Estaciones de servicio y gasolineras Calles secundarias de colonias y lotificaciones Calles en pequeños poblados Accesos a residencias Parqueos en centros comerciales
Otros	5 cm	Aceras para peatones Calles para bicicletas y motocicletas Veredas en parques, zoológicos, etc.

Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

2.2.6.3. Capa de asiento

Es el lecho de arena sobre el cual se colocan los adoquines no es objeto de diseño, ya que no tiene una función estructural; su función principal es acomodar el adoquín de tal manera de que todas las piezas estén al mismo nivel, de esta manera se ira variando el espesor de esta capa.

2.2.6.4. Capa de base

Generalmente, la capa de base, igual que la capa de superficie, se conserva con un espesor uniforme a lo largo de todo el proyecto, variando solamente el espesor de la sub-base de acuerdo con la calidad del suelo de subrasante. La tabla L ofrece los espesores de base en función del tráfico previsto, y establece ciertos valores mínimos o límites en las propiedades de los materiales que se van a usar.

Podrá reducirse el espesor de la base en un 25% cuando el material de la subrasante tiene un valor soporte CBR mayor de 40 y un índice de grupo de 0.

Tabla XLVIII. **Requisitos para la capa base**

Clasificación del tráfico	Granulometría para materiales	Espesor mínimo (cm)	CBR de 65 golpes mínimo	LL máximo	IP máximo
Pesado	col. A o B	20	90	25	6
Mediano	col. A, B, C o D	18	75	25	7
Liviano	col. A, B, C, D, E o F	15	60	27	8

Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

2.2.6.5. Capa de sub-base

El espesor de subbase es determinado tomando en cuenta dos métodos: el primero es el espesor indicado por el método del CBR y la FIGURA No. 40; el segundo es el llamado método del índice de grupo y gráfica No. 41; luego, la fórmula de Mills obtiene un promedio de los espesores según los dos métodos, siendo está representada por la siguiente fórmula:

$$T_{sb} = \left[\frac{2 \times T_c + T_g}{3} - (S + B + L) \right] \times F_d$$

Donde:

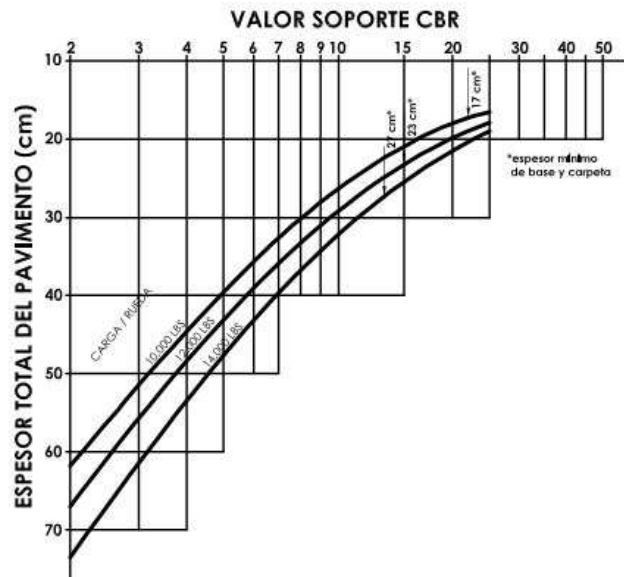
T_{sb}	Espesor de Sub-Base
T_c	Espesor total del pavimento indicado por el método del CBR (espesor que depende del CBR de la subrasante)
T_g	Espesor total del pavimento indicado por el método del índice de grupo (espesor que depende del índice de grupo de la subrasante)
S	Espesor de capa de rodadura
B	Espesor de la capa de base
L	Espesor de capa de asiento
F_d	Factor de incremento de espesor por mal drenaje (según tabla LI)

Para la aplicación de la fórmula debe cumplirse lo siguiente:

$$\frac{2 \times T_c + T_g}{3} \geq T_c$$

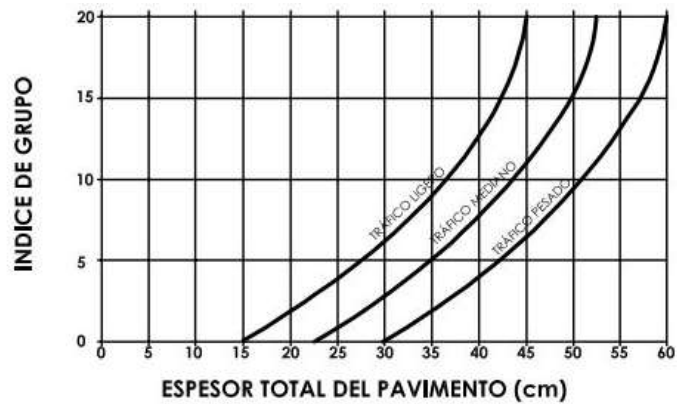
La fórmula de Mills obtiene un promedio de los espesores según los dos métodos, por medio de la expresión $(2T_c + T_g) / 3$, pero le da más peso al T_c debido a que éste es obtenido con la muestra compactada en forma óptima y sujeta a las peores condiciones de humedad que se podrán dar en realidad.

Figura 43. **Espesor de pavimento según CBR**



Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

Figura 44. **Espesor de pavimento según índice de grupo**



Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

2.2.6.6. Espesor adicional por mal drenaje

El margen de espesor por mal drenaje fue ideado para obtener un diseño balanceado a lo largo de todo el proyecto. Tiene el propósito de dar pavimentos de capacidad de carga empleando espesores extra de sub-base donde el drenaje es malo.

Cuando la pendiente longitudinal de la pista es fuerte, el agua fluye rápidamente, pero al disminuir la pendiente aumenta el peligro de estancamiento del agua. El problema se agudiza en pendientes planas especialmente en secciones de corte en trinchera donde es mayor la posibilidad de sobresaturación de la subrasante.

El espesor adicional de la subbase aumenta la profundidad de distribución de cargas en estas áreas críticas y disminuye la intensidad de las presiones transmitidas a la subrasante.

El factor no se aplica cuando el suelo de la subrasante tiene un CBR igual o mayor que 20 y un índice de grupo igual o menor que 3.

Tabla XLIX. **Factor de incremento por mal drenaje**

Sección transversal	Pendiente longitudinal (%)	Espesor mínimo (cm)	Factor de incremento
Corte	0	20	1,25
Relleno	0	15	1,20
Corte	1	10	1,15
Relleno	1	5	1,10
Corte	2	0	1,05
Relleno	2	0	1,00

Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

2.2.6.7. Espesores de diseño

Carpeta de rodadura

Según La tabla L recomienda que se utilice para tránsito mediano 10 cm. de carpeta de rodadura.

Capa de asiento

Esta será de 3 centímetros de espesor con arena de río.

Capa base

Según la tabla L I se recomienda un espesor de 18 centímetros.

Capa de sub-base

Para determinar esta capa se utilizará el método de Mills y se aplicará de la siguiente manera:

Tabla L. **Espesores de diseño.**

Tc 40 cm	Es el espesor total del pavimento indicado por el método del CBR, teniendo como datos una carga de diseño de 12 000.00 lb/rueda, y un valor de CBR de 6, utilizando en la figura 43, obtenemos un valor de Tc= 40 cm.
Tg 50 cm	Es el espesor total del pavimento indicado por el método del índice de grupo, teniendo como datos un índice de grupo de 15, y un tránsito mediando, utilizando la figura 44 obtenemos un valor de Tg=50 cm.
S 10 cm	Es el espesor de capa de rodadura, utilizando la tabla XLIX, obtenemos un valor de S= 10 cm
B 18 cm	Es el espesor de la capa de base, utilizando la tabla L, obtenemos un valor de B= 18 cm.
L 3 cm	Es la capa de asiento conformada por arena de río graduada, esta tiene un espesor máximo de 3 cm.
Fd 1.05	Es el factor de incremento de espesor por mal drenaje, según tabla LI obtenemos un valor de Fd = 1.05, ya que la menor pendiente en el tramo será de 2% en áreas de corte.

Fuente: elaboración propia.

Aplicando la fórmula siguiente se obtiene el espesor de la subbase

$$Tsb = \left(\frac{2 * Tc + Tg}{3} - (S + B + L) \right) * Fd$$

$$Tsb = \left(\frac{2 * 40 + 50}{3} - (10 + 18 + 3) \right) * 1.05 = 23.45 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se empleará un espesor de sub-base de 25 cm.

Verificando la condición del método se empleará la siguiente fórmula:

$$\frac{2 * T_c + T_g}{3} \geq T_c$$

$$\frac{2 * 40 + 50}{3} \geq 40$$

$$43.33 \geq 40$$

Por lo tanto, la condición se cumple quedando los espesores de la siguiente manera

Tabla LI. **Resultados finales**

Carpeta de rodadura	10 cm
Capa de asiento	3 cm
Capa de base	18 cm
Capa de sub-base	25 cm
Total	56

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.8. Características del adoquinamiento

Resistencia del adoquín

El adoquín que se utilizará debe tener, como mínimo, una resistencia a la compresión de 165 kg/cm², fabricado con las proporciones de la tabla siguiente:

Tabla LII. **Proporciones de mezcla para concreto**

Proporción volumétrica	Bolsas de cemento	Arena m ³	Grava m ³	Agua litros	Resistencia kg/cm ²
1:2:2	9.8	0.55	0.55	227	217
1:2:2.5	9.1	0.51	0.64	226	195
1:2:3	8.4	0.47	0.71	216	165

Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

Relleno de juntas

El relleno de juntas se puede hacer barriendo la arena sobre el adoquinado para llenar las juntas a la altura deseada y en caso que no penetre bien, puede agregarse un poco de agua para que asiente.

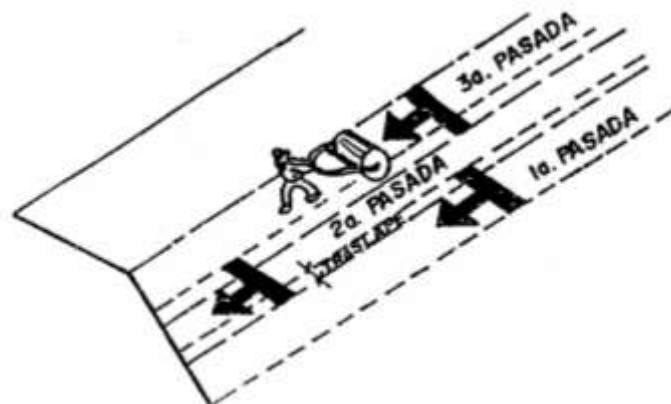
Sellado de juntas

El sellado de juntas se prepara con una mezcla de arena fina con arcilla en proporción 1:5, o sea, 1 cubeta de arcilla por 5 cubetas de arena. Esta mezcla servirá para llenar los espacios que quedaron en las juntas cuando se rellenaron parcialmente, procurando que la mezcla del sellado sobresalga de la junta para que se pueda apisonar pasando un rodillo pesado sobre el área adoquinada.

Apisonado

Con el bordillo fundido y el adoquinado colocado, se debe apisonar el pavimento pasando el rodillo o aplanadora varias veces y traslapando cada rodada con la anterior.

Tabla LIII. **Apisonado de adoquín**



Fuente: Rodolfo Girón. Diseño de pavimentos de adoquín.

2.2.6.9. Pendiente transversal

Se necesita dar pendiente a la calle hacia los lados (pendiente transversal).

Esta pendiente se hace partiendo del centro de la calle hasta llegar a donde comienza la banquetta a los lados, y bajándole 3 cm por cada metro de ancho para garantizar una pendiente transversal del 3%. Así se evacuarán las aguas pluviales que caerán sobre el pavimento.

2.2.7. Drenajes

Para este diseño se empleará el drenaje longitudinal y el transversal, de la cual se llevará a cabo por el siguiente método:

Método racional

El método racional se utiliza en hidrología para determinar el caudal máximo de descarga de una cuenca hidrográfica; por lo tanto, para este diseño de emplear este método para determinar el caudal de diseño del drenaje longitudinal y transversal.

2.2.7.1. Drenaje transversal

Tiene la función de evacuar el agua existente en los drenajes longitudinales de la carretera. Deben colocarse perpendicularmente a la carretera. La distancia recomendada entre drenajes transversales es de 150 metros máximo. También se recomienda colocar drenajes transversales al inicio de curvas horizontales, en los puntos más bajos de la carretera y en zonas donde exista riesgo de estancamiento de agua, para así desfogar el agua pluvial de una manera adecuada.

Para los drenajes transversales de esta carretera se usará tubería circular.
El caudal a utilizar será el de escorrentía el cual es:

$$Q = Q_e$$

Donde:

Q_e caudal de escorrentía máxima en metros cúbicos sobre segundo

El caudal Q_e será el caudal calculado para el drenaje longitudinal

La fórmula que expresa el principio racional es:

$$Q_e = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q caudal máximo (m^3/s)

A área de la cuenca (Ha)

I intensidad máxima de lluvia (mm/h)

C coeficiente de escorrentía (depende de la vegetación, el tipo de suelo y la pendiente)

Para obtener el dato de intensidad de lluvia se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{A}{tc + B}$$

Donde:

I Intensidad de lluvia (mm/hr).

A y B Constantes que se obtienen por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

T_c Tiempo de concentración de la cuenca en minutos.

Las constantes A, B y n fueron obtenidas de la estación meteorológica más cercana, la cual se encuentra en ciudad de Guatemala. Los datos son para un periodo de retorno de 20 años.

Con los datos anteriores se obtiene la intensidad de lluvia.

$$I = \frac{1\,345}{5 + 9}$$
$$I = 96,07 \text{ mm/h}$$

El área de mayor influencia de la cuenca que afecta al proyecto es de aproximadamente 2.4 hectáreas. El dato fue obtenido por el software computacional *Google Earth*, y *Global Mapper v18*.

Figura 45. **Área de micro cuenca tributaria**



Fuente: *Google Earth*.

Figura 46. Área de mayor influencia.



Fuente: Google Earth.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

- C coeficiente de escorrentía
- I intensidad de lluvia
- A área a drenar (área de mayor influencia 2.4 hectáreas).

$$Q = \frac{0,40 * 96,07 * 2.4}{360}$$

$$Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora, se calcula el diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Manning. Utiliza tubería de concreto con un coeficiente de rugosidad de 0,009 y una pendiente de 2 por ciento.

$$D = \left(\frac{691\,000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

Q = caudal

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente

$$D = \left(\frac{691\,000 * 0.25 * 0.009}{0.02^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 32.77 \text{ cm}$$

$$D = 32.77 \text{ cm} / 2.54 = 12.90 \text{ pulgadas}$$

El resultado obtenido es de 12,90 pulgadas, pero para fines de mantenimiento se empleará tubería de concreto de 30 pulgadas de diámetro por seguridad.

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla LV, se consideró el área del proyecto como una tierra cultivada en área ondulada con textura de suelo tierra franca y arenosa, por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área es de 0,40.

Tabla LIV. **Valor de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: National Engineering Handbook. p. 89.

2.2.7.2. Drenaje longitudinal

Se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

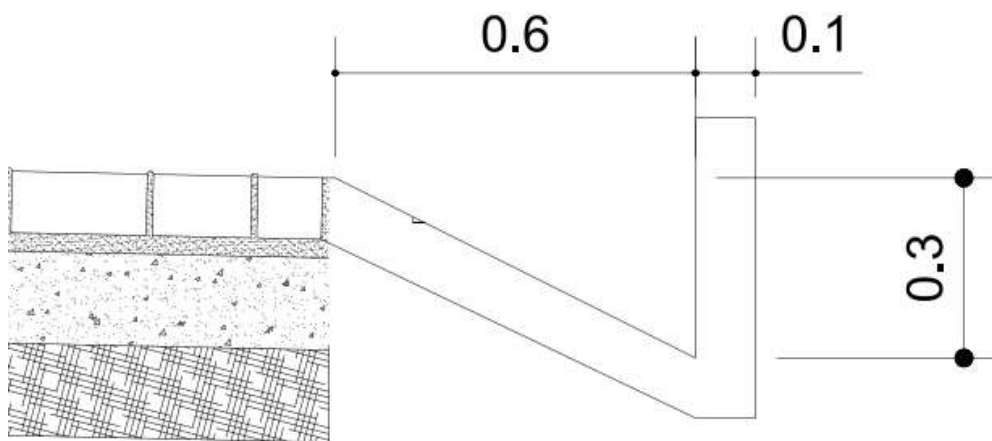
2.2.7.2.1. Cunetas

Son los canales abiertos situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertos de piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

Como ya conocemos el caudal de diseño, ahora se debe calcular el caudal que la cuneta propuesta puede transportar. Para esto se utilizará la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{A}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Figura 47. **Predimensionamiento de la cuneta**



Fuente: elaboración propia, AutoCAD 2013.

Donde:

Q caudal en m³/s

n rugosidad de la cuneta = 0,016 (concreto revestido)

A área mojada

R radio hidráulico

S pendiente

El área mojada de la cuneta es de 0.09 m²

El radio hidráulico es igual a: $(2 \times 0.30) / (2 \times ((1+2^2)^{\frac{1}{2}})) = 0.15 \text{ m}$

La pendiente mínima es de 1 %

El caudal es:

$$Q = \frac{0.18}{0.016} \times 0.15^{\frac{2}{3}} \times 0.01^{\frac{1}{2}} \rightarrow 0.32 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_e = 0,25 < Q_d = 0,32 \frac{m^3}{s} \rightarrow \text{cumple}$$

Como el caudal que puede transportar la cuneta es mayor al caudal de escorrentía, se concluye que el diseño de la cuneta es correcto.

2.2.8. Presupuesto

A continuación, se describe el presupuesto de trabajo, se presenta los renglones, la unidad de medida, la cantidad, el precio unitario y el total, en cuanto a indirectos se aplicó el 35 por ciento.

Figura 48. Presupuesto calle adoquinada

REGLON	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TRABAJOS PRELIMINARES					
<u>1</u>	REPLANTEO TOPOGRAFICO	ML	4 377,00	Q 8,11	Q 35 497,47
MOVIMIENTO DE TIERRA					
<u>2</u>	EXCAVACION NO CLASIFICADA	M3	2 500,00	Q 46,86	Q 117 150,00
<u>3</u>	EXCAVACION NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	M3	8 925,00	Q 32,75	Q 292 293,75
<u>4</u>	CONFORMACION DE SUBRASANTE	M2	30 201,30	Q 16,25	Q 490 771,13
<u>5</u>	CONFORMACION DE SUB BASE	M3	8 305,00	Q 255,00	Q 2 117 775,00
<u>6</u>	CONFORMACION DE BASE	M3	5 980,00	Q 212,00	Q 1 267 760,00
<u>7</u>	CONFORMACION DE CAPA DE ASIENTO	M3	725,00	Q 162,50	Q 117 812,50
CARPETA DE RODADURA					
<u>8</u>	ADOQUIN TIPO CRUZ	M2	23 833,00	Q 199,87	Q 4 763 501,71
<u>9</u>	LLAVES DE CONFINAMIENTO	ML	2 404,00	Q 143,63	Q 345 286,52
<u>10</u>	CUNETAS TIPO "L"	ML	8 754,00	Q 209,78	Q 1 836 414,12
OBRAS COMPLEMENTARIAS					
<u>11</u>	DRENAJE TRANSVERSAL (tubería de concreto ϕ 30")	ML	114,00	Q 925,98	Q 105 561,72
<u>12</u>	CABEZAL DE DESCARGA (EXCAVACION + MAMPOSTERIA)	M3	30,25	Q 4 265,00	Q 129 016,25
<u>13</u>	CAJAS	M3	43,00	Q 2 948,00	Q 126 764,00
TOTAL					Q 11 745 604,17

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

2.2.9. Evaluación de impacto ambiental

La siguiente tabla muestra la evaluación de impacto ambiental para el proyecto de la calle adoquinada de la aldea Chillani, San Pedro Sacatepéquez, para esta evaluación se utilizó el método de la matriz de Leopold que consiste en la asignación de valores: de magnitud y de gravedad cuantitativamente de 1 a 10, (-) si se considera perjudicial y (+) si se considera beneficioso la asignación es subjetiva.

Tabla LV.

Matriz de Leopold de impacto ambiental para pavimento

				Acciones con posibles efectos									
				Modificación de regimen			Orden del territorio			Operación y mantenimiento			
				Alteración cubierta y terrestre	Ruido y vibración	Contaminación de humo	Superficie de pavimento	Drenaje pluvial	Desmonte y rellenos	Arbustos y plantas	Impacto en ambiente	Importancia de impacto	
Factores ambientales	Físicoquímico	Tierra	suelos	-1 5	-3 3	0 3	5 5	3 1	1 5	1 5	6 27		
		Agua	calidad	0 5	0 0	0 5	0 0	3 5	0 0	0 0	3 15		
		Atmosfera	calidad	-3 5	-2 5	0 5	5 1	4 3	-1 2	-1 3	11 32		
				inundaciones	0 0	0 0	4 1	5 3	0 2	0 2		14	
			Procesos	Compactación	5 5	0 2	0 0	5 5	3 3	1 3		0 2	14 20
		Flora	Arboles	-2 5	0 2	-2 3	0 1	2 0	0 2	-2 5	4 14		
	Cosecha			-3 5	0 0	0 3	5 2	4 0	0 2	-2 2		14	
	Fauna		Macro fauna	0 5	-4 3	-2 3	0 3	0 1	0 3	-3 5		-9 23	
	Factores culturales	Uso de terreno	Agrícola	-1 5	0 3	-1 5	4 2	4 3	0 3	-1 5	11 56		
				Zona residencial	3 4	-3 4	-1 4	5 5	4 5	-1 3		-1 5	11 56
			Nivel Cultural	Culturas o formas de vida	-3 5	-3 5	-1 5	5 5	5 4	0 2		0 3	16 76
					Salud y seguridad	-1 4	-1 4	-1 4	3 4	3 5		0 2	
		Empleo		3 3	-1 3	0 3	5 3	3 3	0 3	0 3	16 76		
				Servicio e infraestructura	Red de transporte	0 5	0 3	0 3	5 5	3 5	0 3	0 3	
		Servicios	2 3	1 3		0 4	5 4	5 4	0 2	0 3	21 50		
		Impacto de la acción				-1	-16	-8	56	51	0	-9	
		Importancia de la acción				64	40	50	46	45	37	49	

Fuente: elaboración propia. Excel 2013.

Como se observa en la tabla LV, el impacto ambiental será positivo para la población, salvo en la fauna, los cuales presentan valores negativos. Sin embargo, como ya se encuentra una carretera existente, podrían disminuirse estos valores.

CONCLUSIONES

1. La edificación de 2 niveles para la escuela primaria de Bosques de Vista Hermosa ubicada en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, emplea un sistema constructivo de mampostería reforzada, la utilización de dicho sistema la hace una estructura sismo resistente, ya que se emplearon las normas AGIES, que considera los efectos laterales que el sismo causa a la estructura.
2. El mejoramiento del tramo carretero solucionará en gran medida las carencias del transporte extraurbano y el acceso de vehículos, esto conlleva realizar de mejor manera el proceso de desarrollo integral de las comunidades que se encuentran en el trayecto del tramo carretero, este empleó un pavimento tipo adoquín.
3. Se realizaron los planos constructivos de ambos proyectos, de la misma manera el presupuesto y cronograma físico y financiero donde se detallan las actividades cronológicamente.
4. Se realizó la investigación de carácter monográfica en la cual se observaron los aspectos importantes del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala y de ello se derivaron los proyectos que contiene este informe.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez

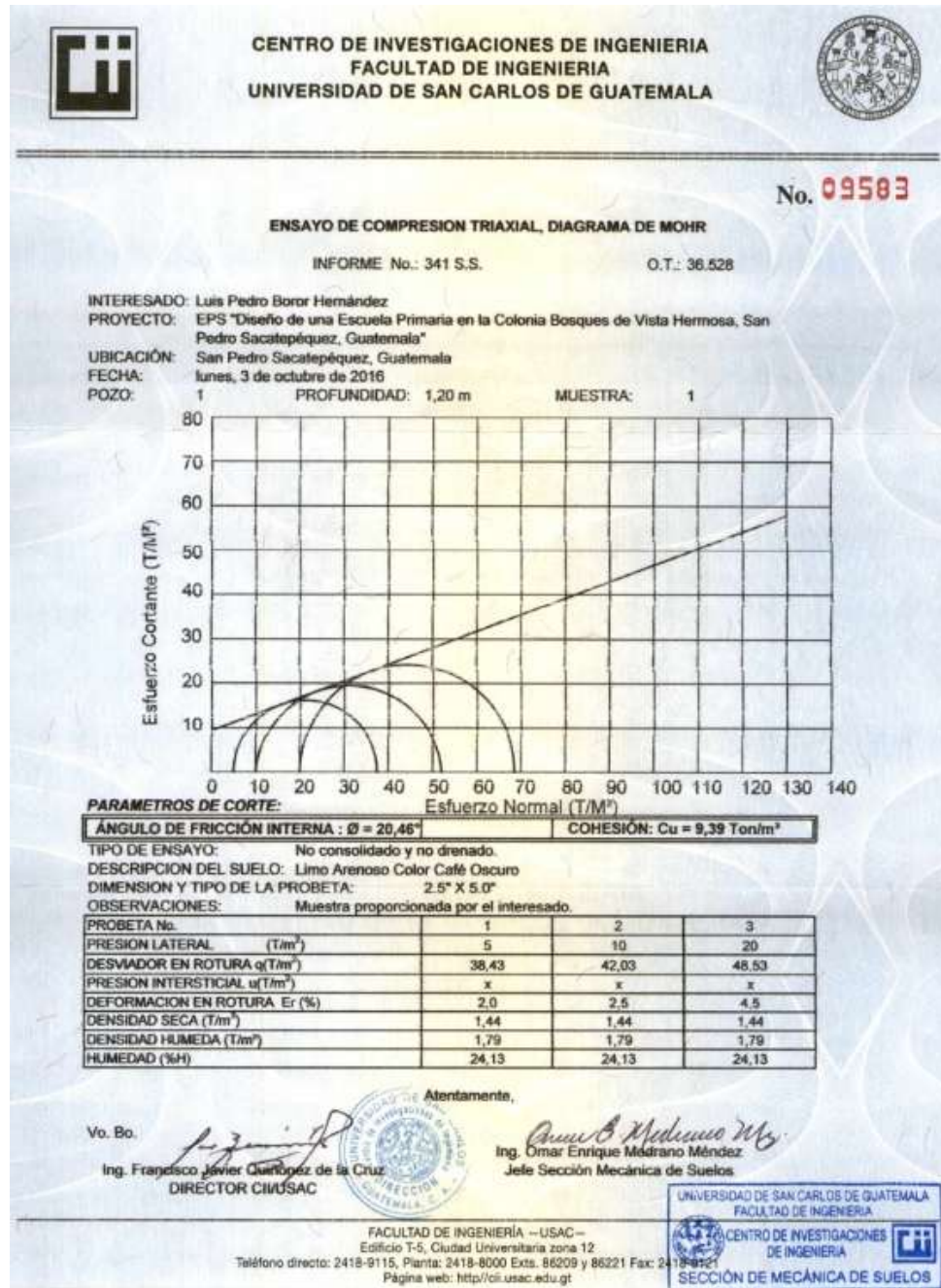
1. Priorizar la planificación y ejecución de proyectos de vías públicas, para fomentar una mejor calidad de vida en las comunidades y preservar los recursos naturales y el medio ambiente.
2. Garantizar la supervisión técnica y control de calidad de los materiales, durante la ejecución del proyecto, estos a través de un profesional de la ingeniería Civil.
3. Realizar una revisión y actualización de los costos de los proyectos al momento de su ejecución.
4. No hacer cambios a los planos y especificaciones de los proyectos, sin previa consulta y aprobación del diseñador.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y sísmica (AGIES). Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la república de Guatemala (Guatemala 2002).
2. Código ACI 318-99. *American Concrete Institute*. Código de diseño de hormigón armado y comentarios S.i.s.e1999 576pp.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México D.F.: Limusa, 2004. 650 p
4. DAS, Braja. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. México D.F.: Thomson, 2006. 766 p.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Guatemala: Impresos Industriales, 1975. 690 p.
6. Ministerio de Educación. *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos*. Guatemala: MINEDUC, 2007. 157 p.

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de compresión triaxial



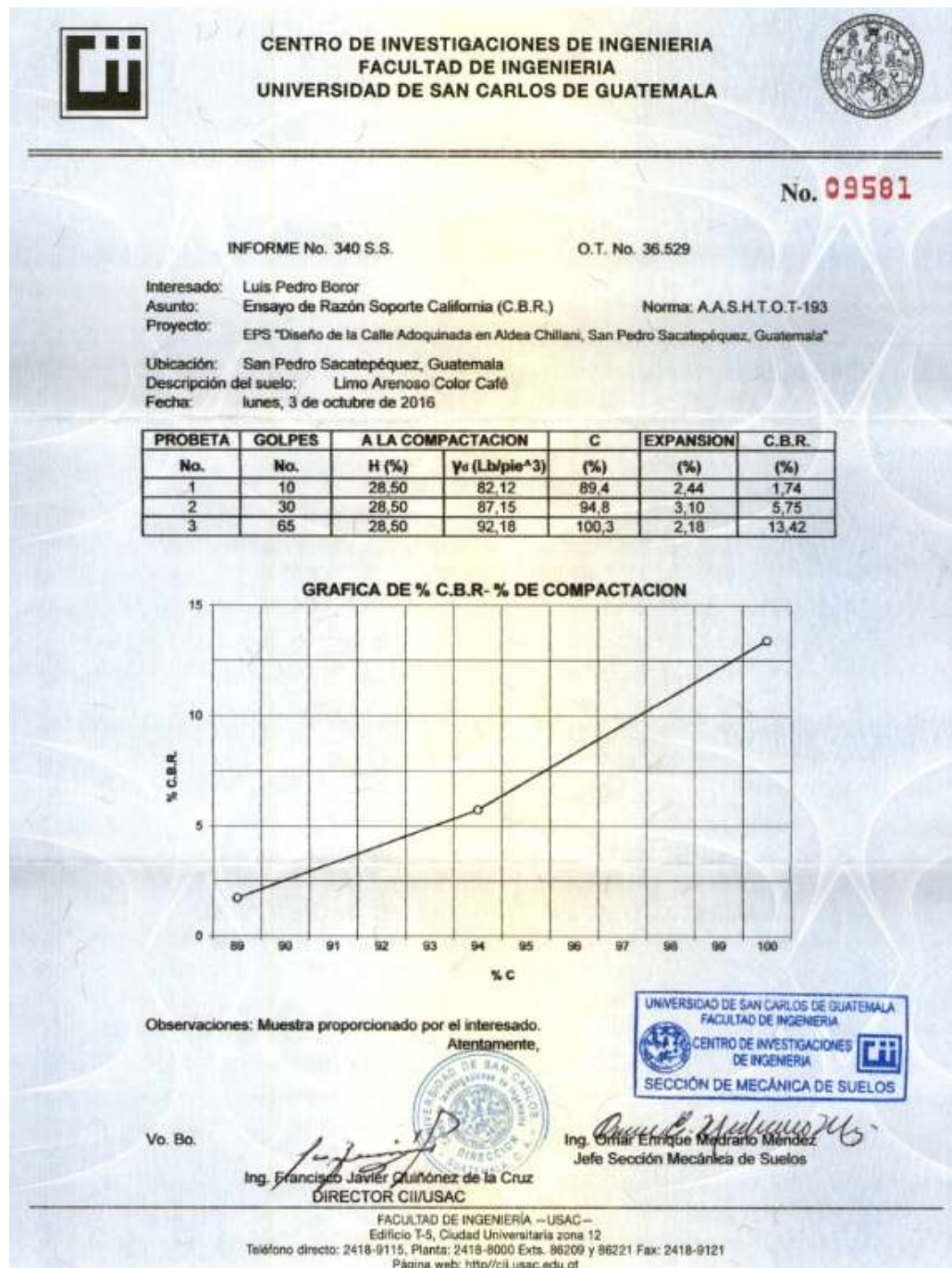
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. Análisis Granulométrico



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. C.B.R.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 4. Ensayo de Compactación



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 5. Ensayo de límites de ATTERBERG



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 337 S.S.

O.T.: 36.529

No. 09578

Interesado: Luis Pedro Boror Hernández

Proyecto: EPS "Diseño de la Calle Adoquinada en Aldea Chiltani, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: San Pedro Sacatepéquez, Guatemala

FECHA: lunes, 3 de octubre de 2016

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	31,6	7,9	ML	Limo Arenoso Color Café

(*) CLASIFICACIÓN SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiroz de la Cruz
DIRECTOR CI/USAC



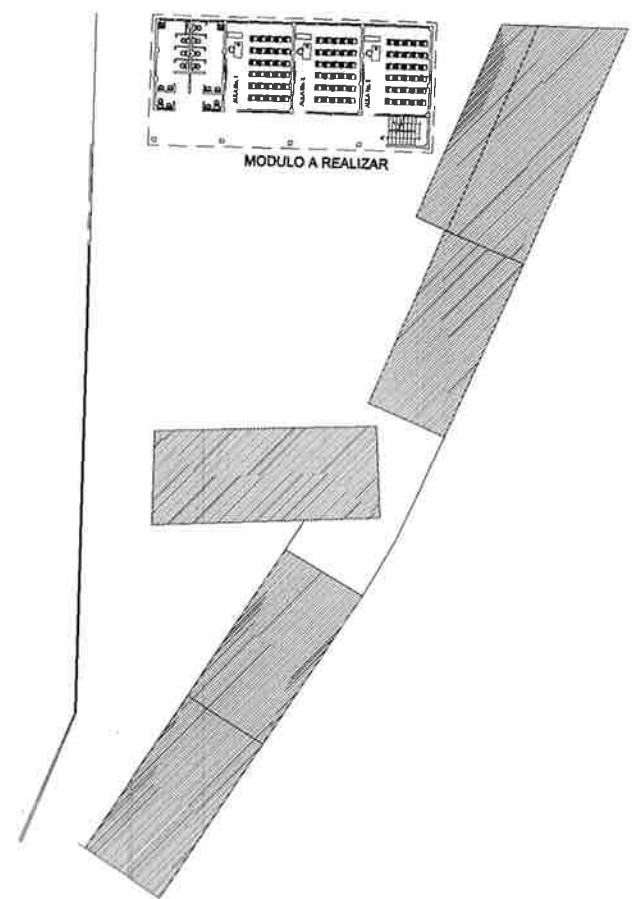
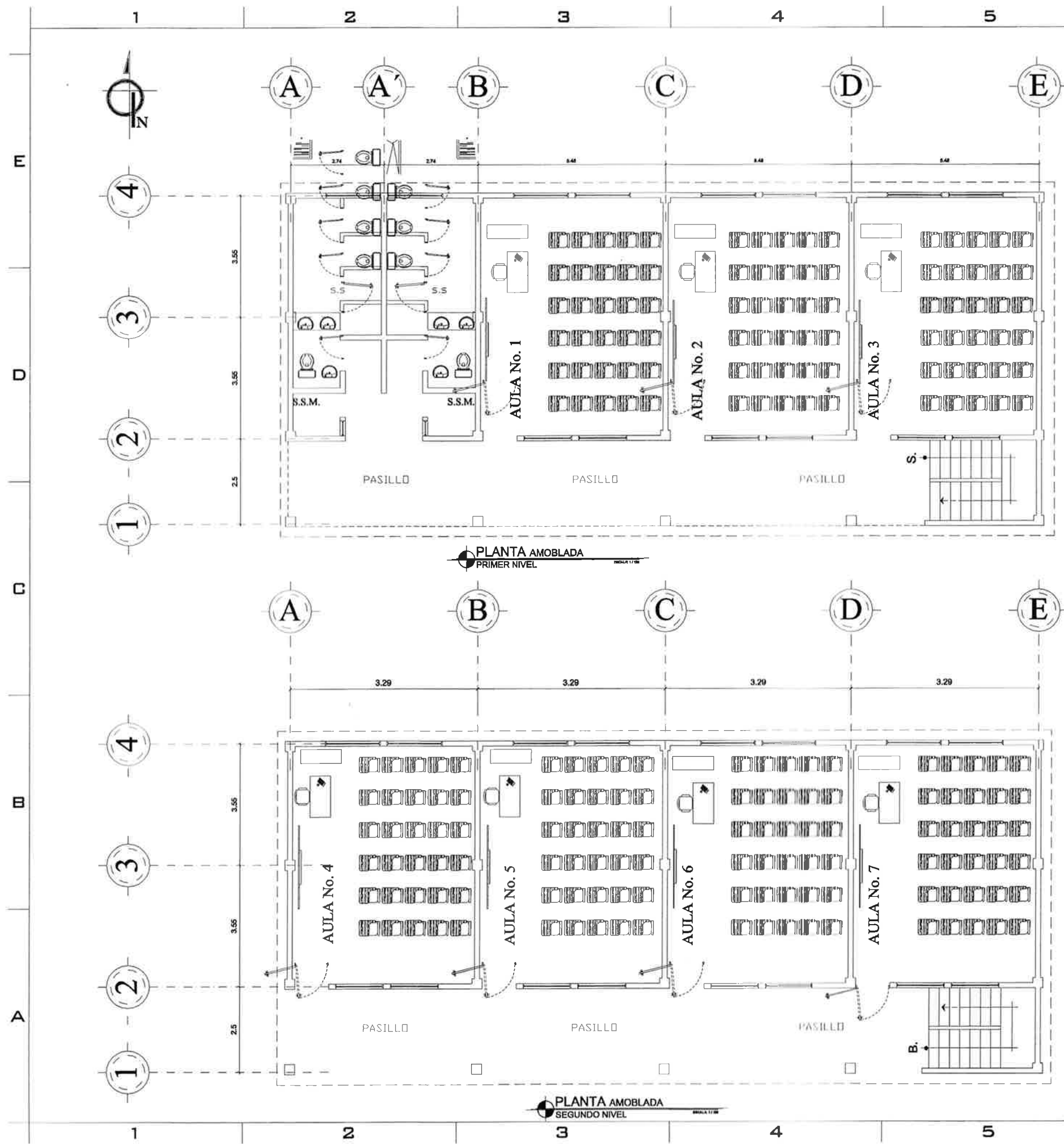


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

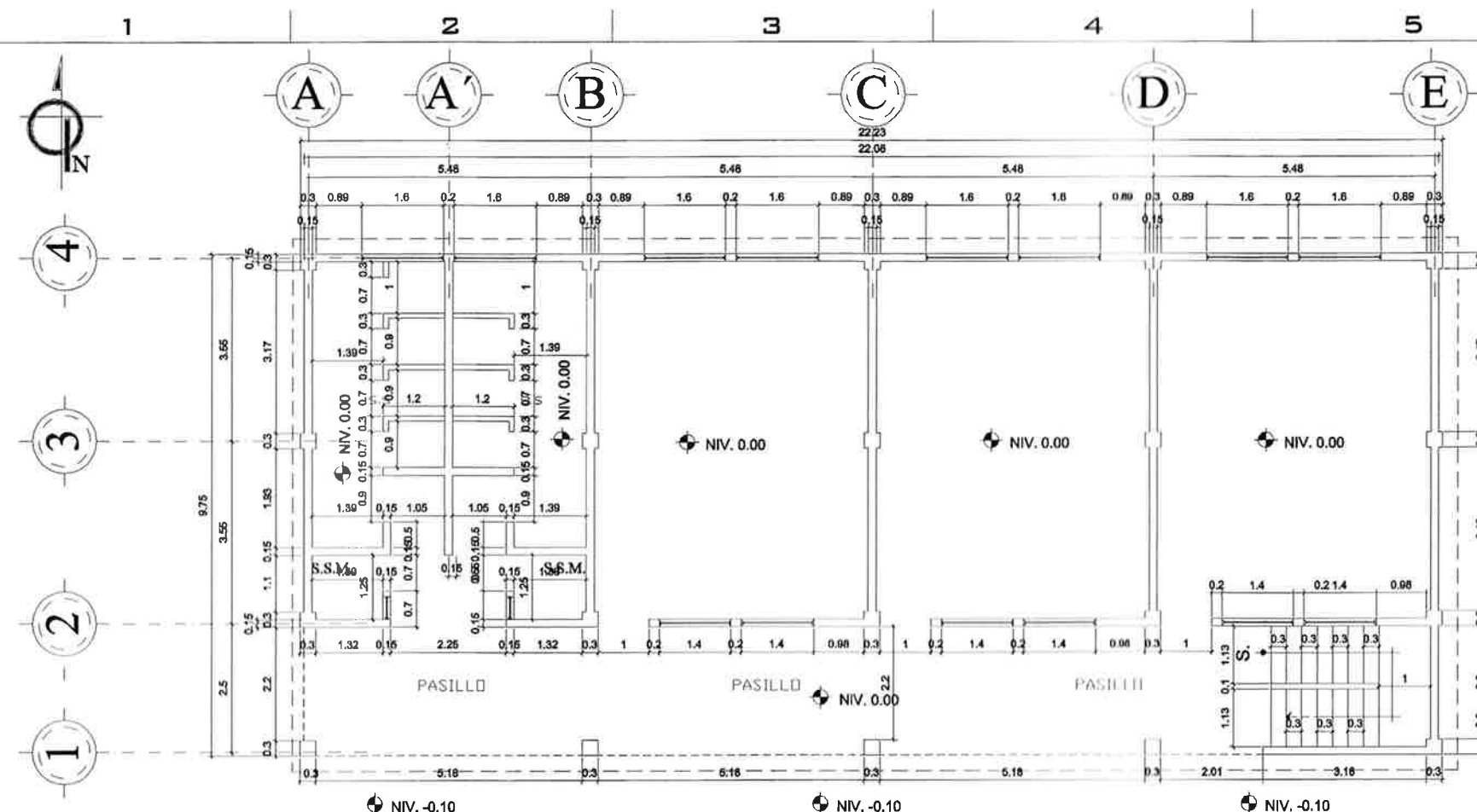
Anexo 6. **Planos constructivos**



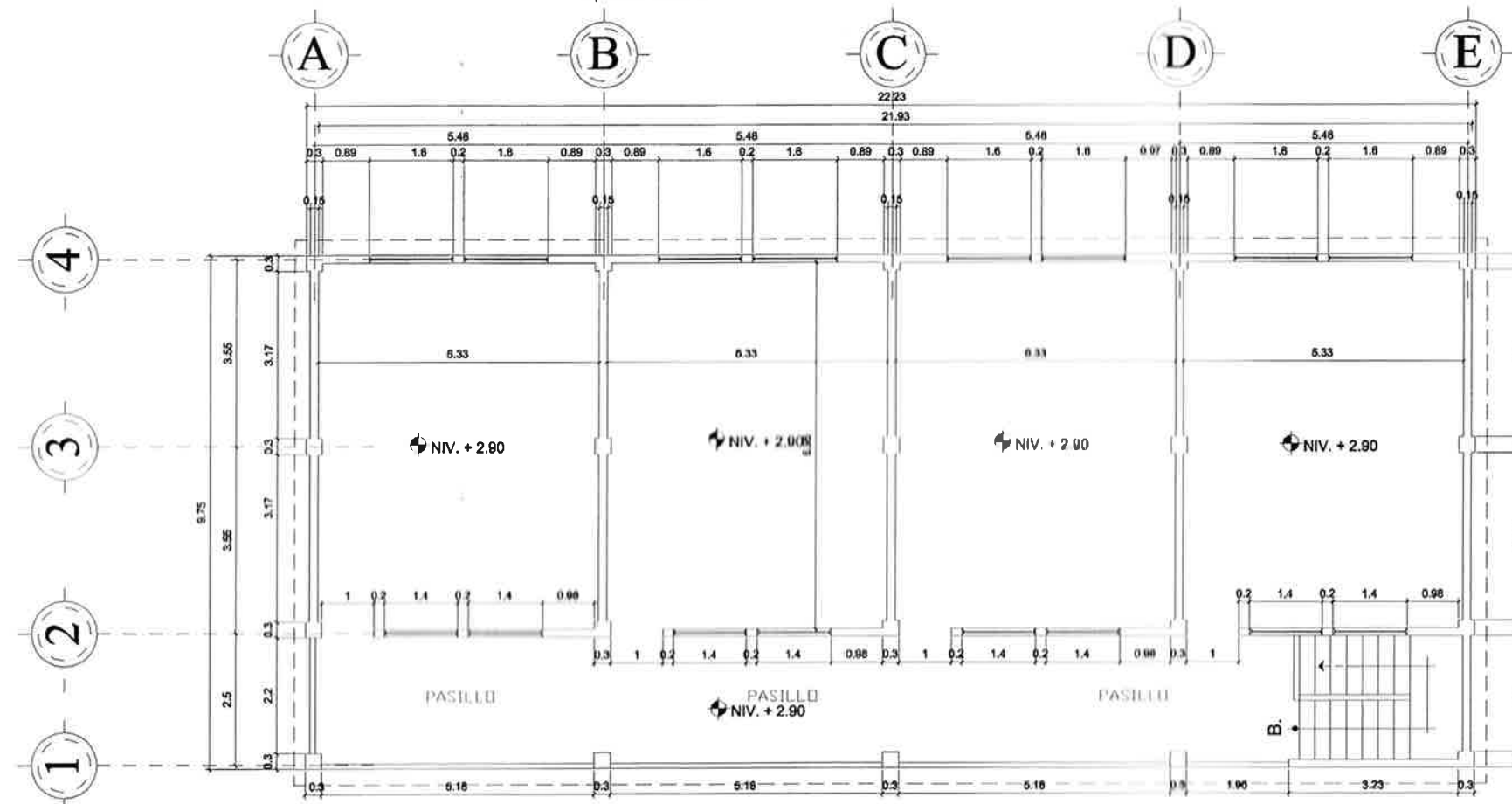
PLANTA DE CONJUNTO
UBICACION DEL MODULO
Escala: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
ESCUELA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA 1		CALCULO
DIRECCION DEL PROYECTO		FECHA
ALDEA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		FEBRERO
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORROR HERNANDEZ		ESCALA
CARNÉ: 201213251		INDICADA
CONTENIDO:		HOJA
PLANTA ARQUITECTONICA + PLANTA DE UBICACION		1
DISEÑO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		13



PLANTA ACOTADA
PRIMER NIVEL



PLANTA ACOTADA
SEGUNDO NIVEL

ESPECIFICACIONES DE CONCRETO Y ACERO

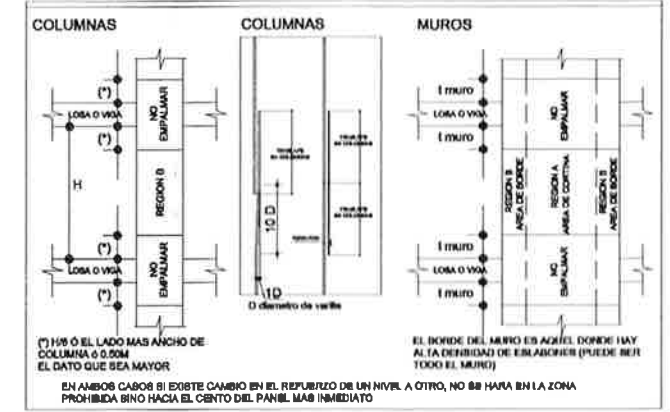
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CONCRETO (f _c)	ACERO (f _y)
ZAPATAS	4,000 PSI	GRADO 40
PILOTES, VIGAS CONECTORAS Y COLUMNAS	4,000 PSI	GRADO 40
*VIGAS	4,000 PSI	GRADO 40

VALORES DE CARGA A CUMPLIR DE LOSA

CARGA VIVA	500 KG/M ²
CARGA MUERTA	CARGA DE ACABADOS 100 KG/M ²
PERRALTE TERMINADO 0.12 Mts.	

REGIONES DE EMPALME

COLUMNAS Y MUROS



LONGITUDES DE EMPALME (M)

CONCRETO 4000 (280KG/CM²)
ACERO GRADO 40 (2,810 KG/CM²)

VARILLA No.	REGION A	REGION B	REGION C
3	0.30	0.35	-
4	0.35	0.45	-
5	0.40	0.55	0.75
6	0.50	0.70	0.90
7	0.60	0.90	1.05
8	0.80	1.10	1.40
9	1.00	1.35	1.75
10	1.25	1.70	2.25
11	1.55	2.15	2.75

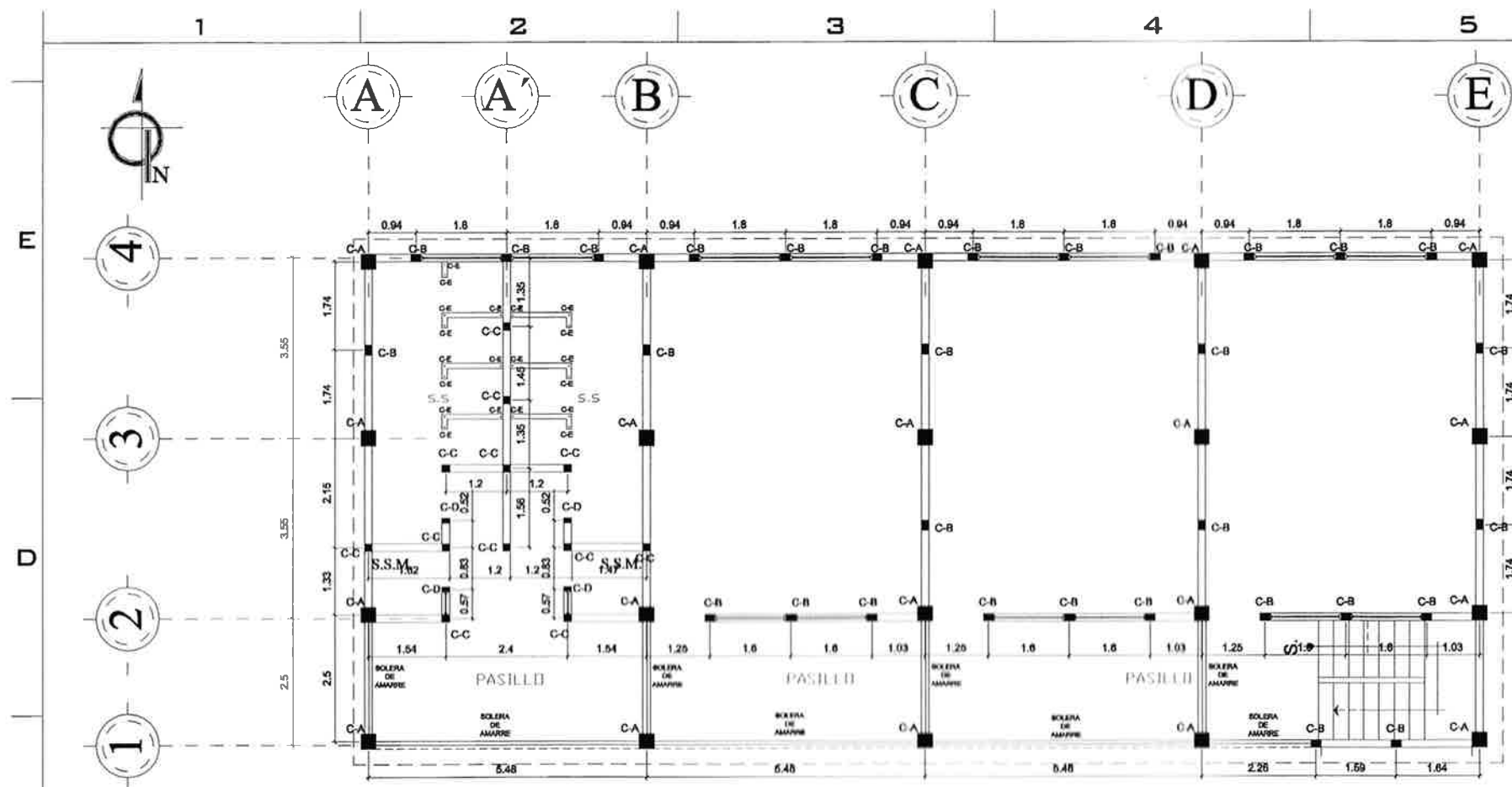
EN UN PUNTO DADO NO DEBERA EMPALMARSE MAS DEL 80% DE LAS VARILLAS
ESTA TABLA ES UNA GUIA, REFERIRSE A ESQUEMAS DE REGIONES DE EMPALME
PARA VIGAS Y LOSAS, COLUMNAS Y MUROS Y/O CIMENTOS.
REGEN LOS REQUISITOS DEL CAP. 12 ACI (318)



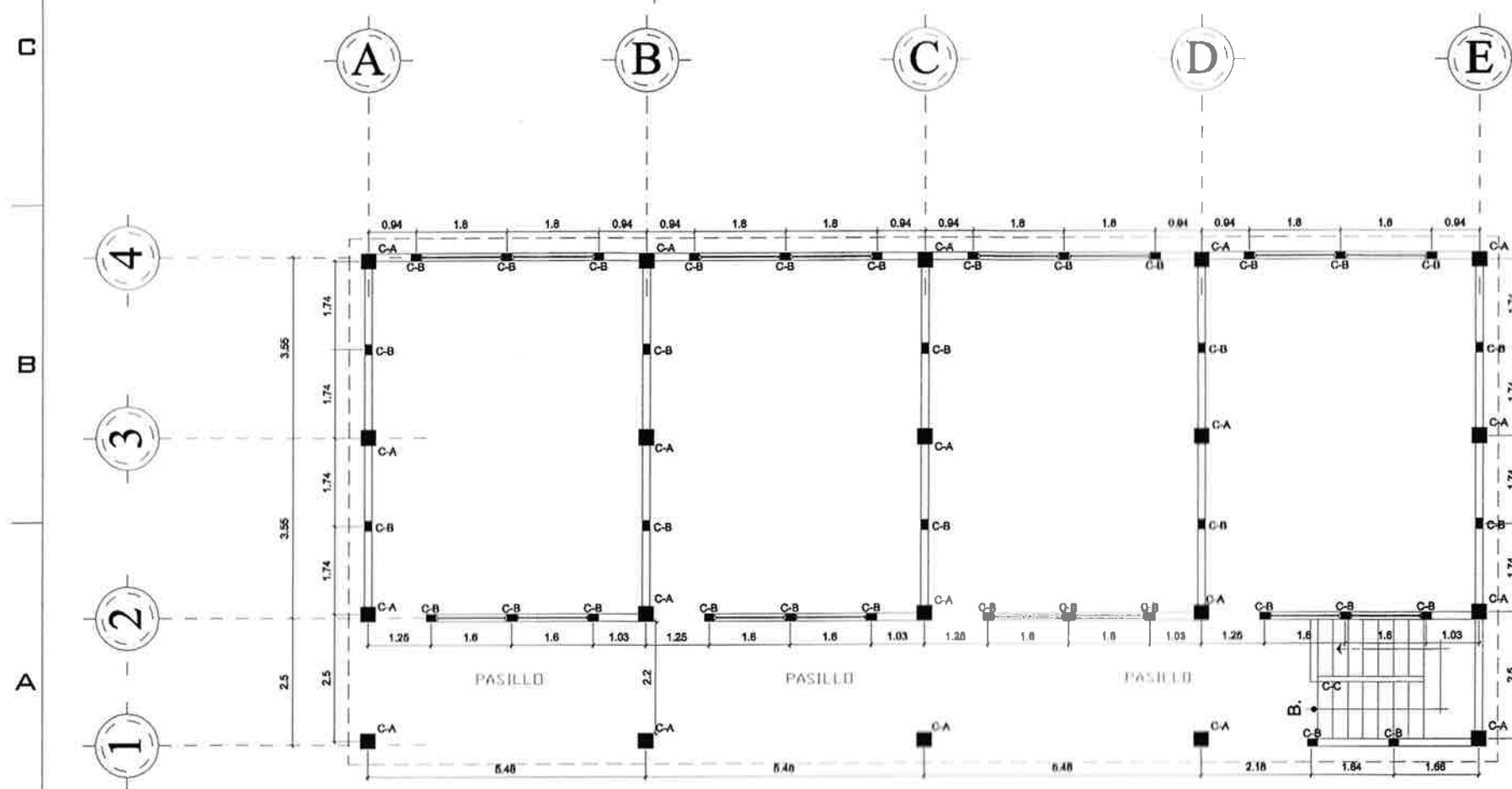
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO:
EJECUTIVA PRIMARIA CON UNA BOCAL DE VENTA TEMPORAL
DIRECCION DEL PROYECTO:
AL DIA VENTA TEMPORAL, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA
ESTUDIANTE: LUIS FELIX BORDON HERNANDEZ | CAVAL: 201213201

CONTENIDO:
PLANTA ACOTADA

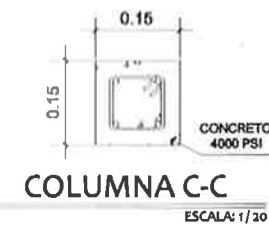
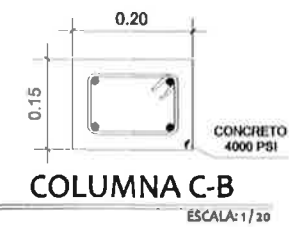
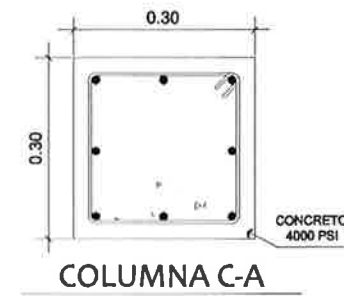
VOSES: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ



PLANTA DE COLUMNAS
PRIMER NIVEL



PLANTA DE COLUMNAS
SEGUNDO NIVEL

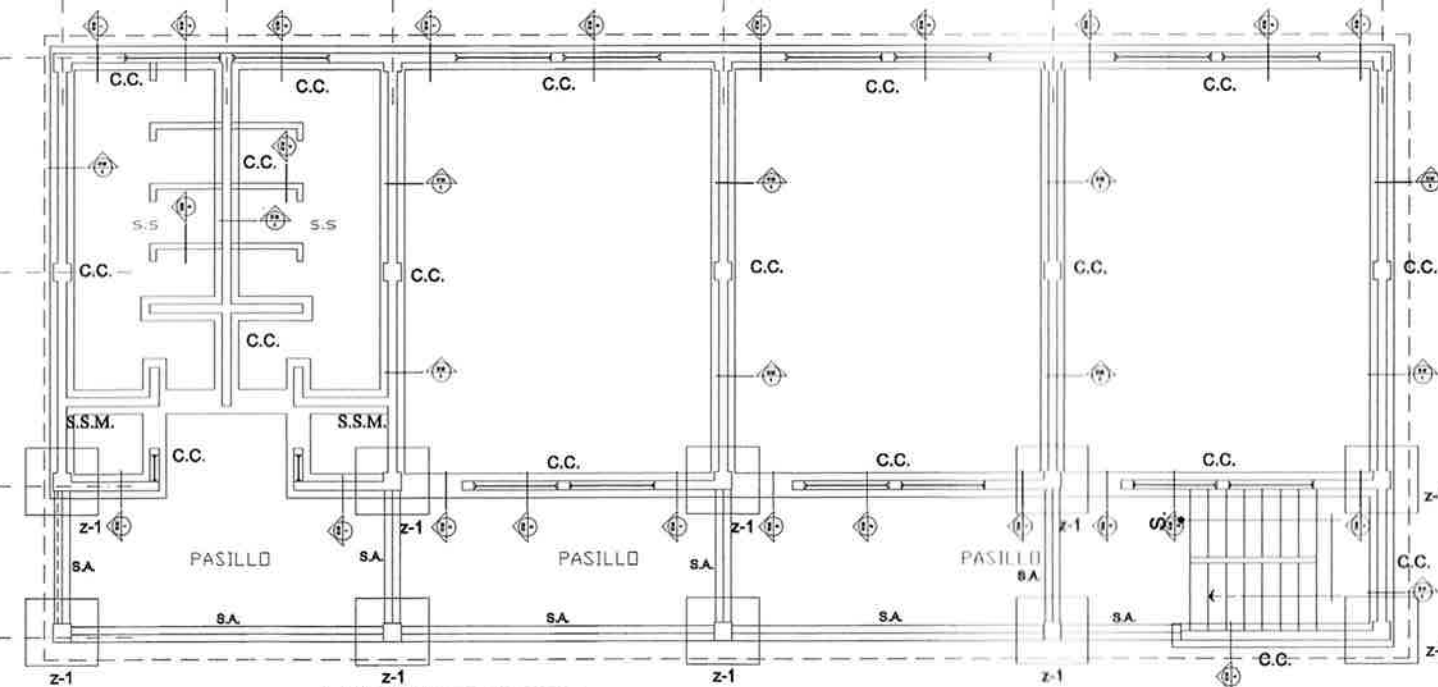
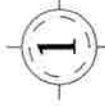
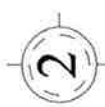
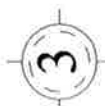


SIMBOLOGIA

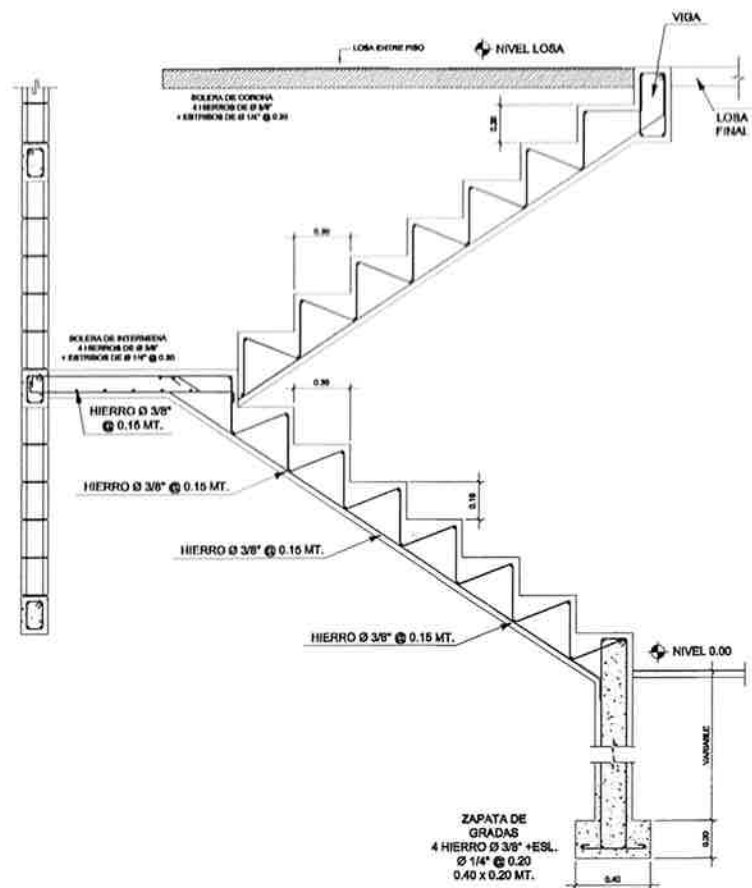
SÍMBOLO	DESCRIPCION
■ C-A	INDICA COLUMNA Y TIPO DE COLUMNA
≡	INDICA SOLERA DE AMARRE



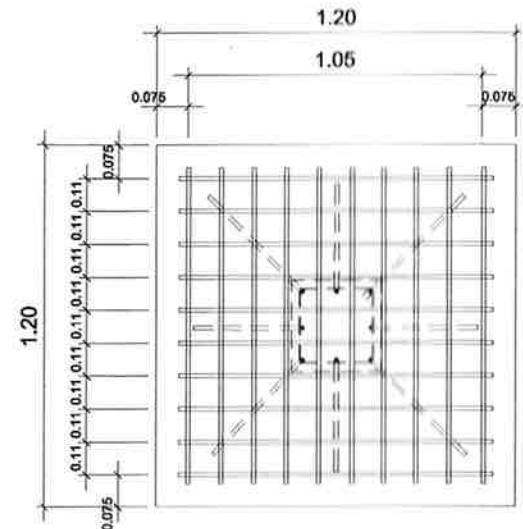
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
ESCUELA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA 1		
DIRECCION DEL PROYECTO:		CALCULO
ALDEA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORROR HERNANDEZ	CARNE: 201213251	FECHA FEBRERO
CONTENIDO:		
PLANTA DE UBICACION DE COLUMNAS + DETALLES		ESCALA INDICADA
VOSO. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		HOJA 3



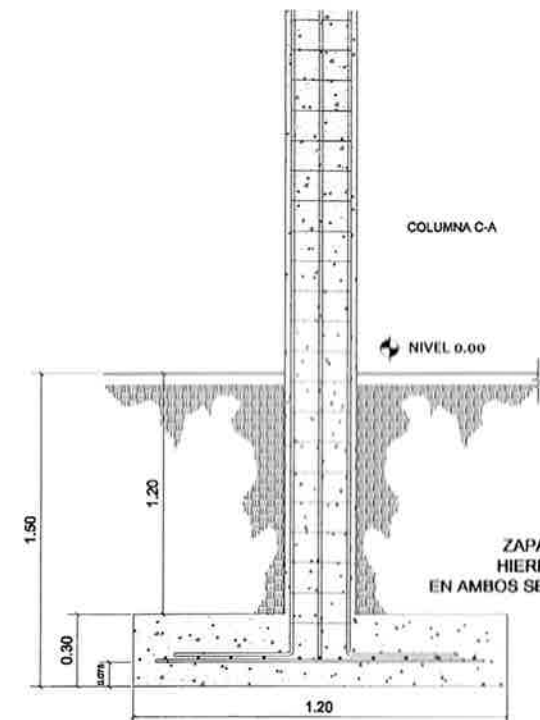
PLANTA DE CIMENTACIÓN
PRIMER NIVEL
ESCALA 1:100



DETALLE DE GRADAS
ESCALA 1:40



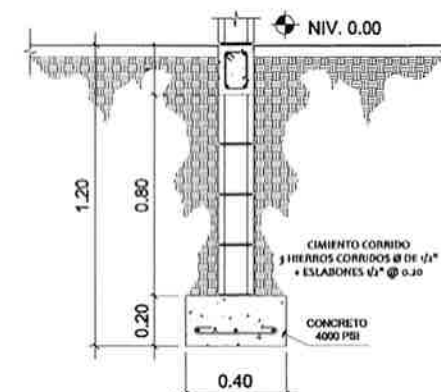
ZAPATA Z-1
HIERRO Ø 1/2"
EN AMBOS SENTIDOS @ 0.10
ESCALA 1:20



ZAPATA Z-1
Z-1 PARA COLUMNA C-A
ESCALA 1:20



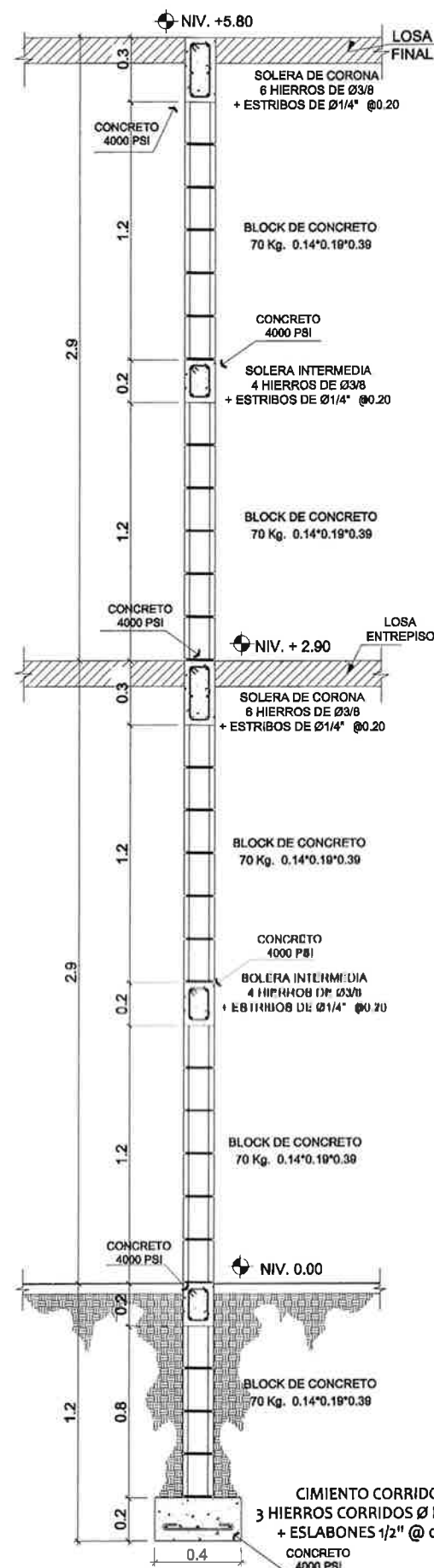
SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCION
■ Z-1	INDICA ZAPATA CON COLUMNA
—	INDICA VIGA DE AMARRE
▨	INDICA CIMENTO CORRIDO



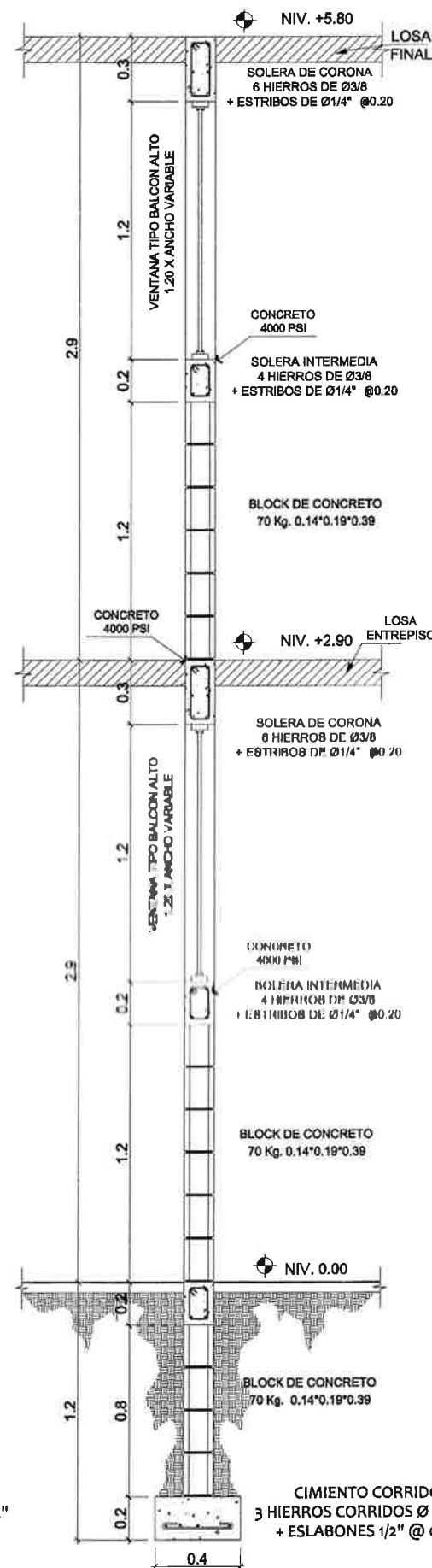
CIMENTO CORRIDO
ESCALA 1:20



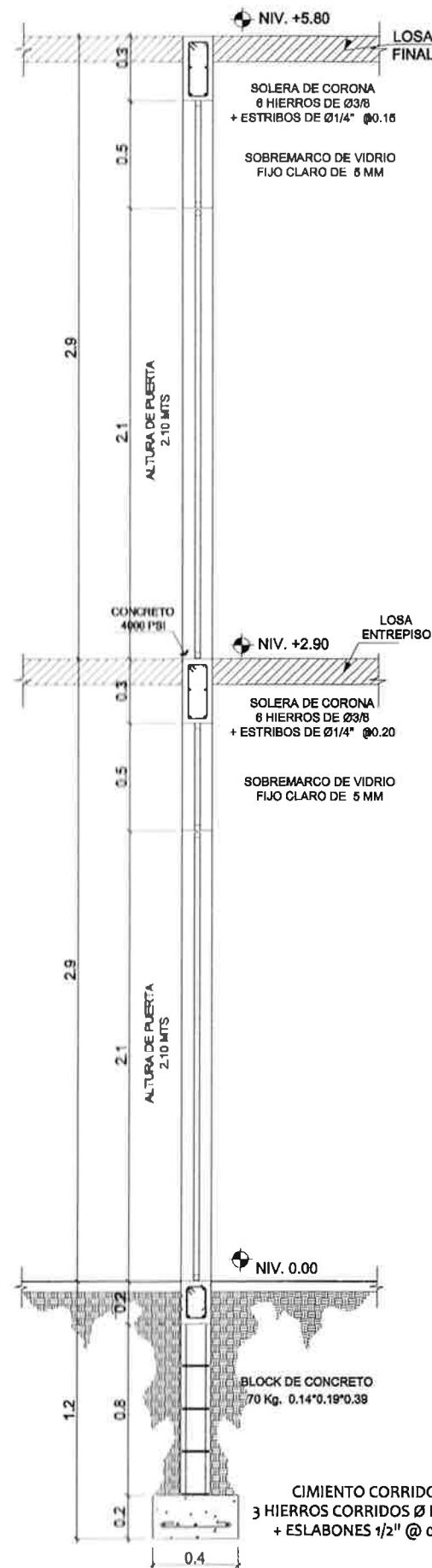
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
ESCUELA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA I		
(DIRECCION DEL PROYECTO)		CALCULO
ALDIA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORRERO HERNANDEZ		CARNE: 201213251
CONTENIDO:		
PLANTA DE INDICACION DE CORTES DE MURO + DETALLES		
		
VOTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
		FECHA
		FEBRERO
		ESCALA
		INDICADA
		HOJA
		4
		13



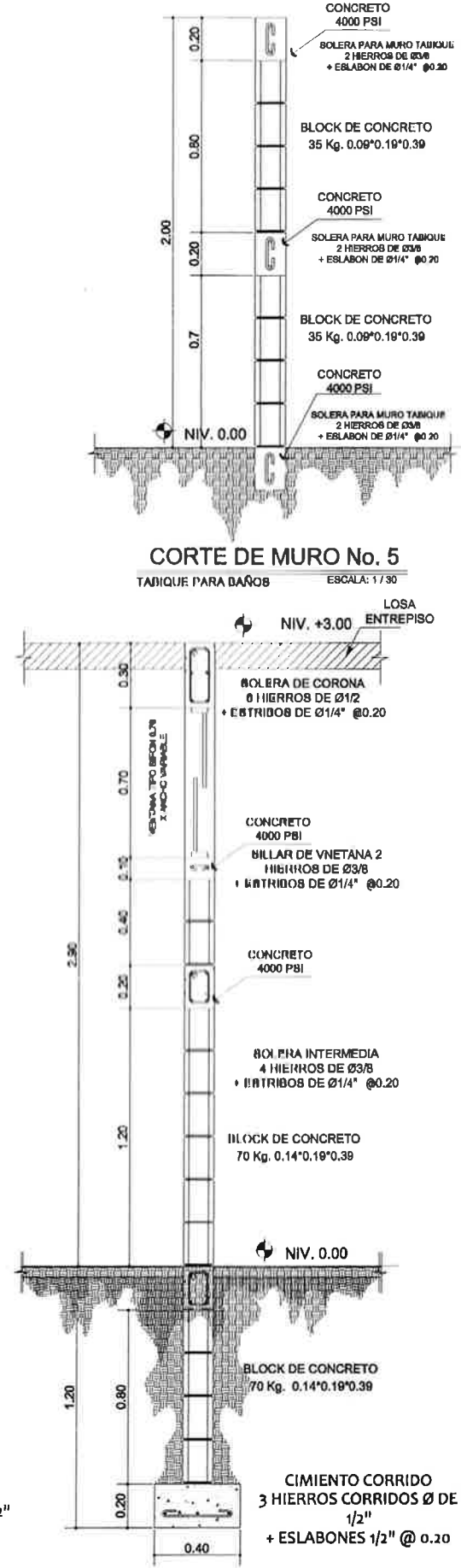
CORTE DE MURO No. 1
ESCALA: 1/30



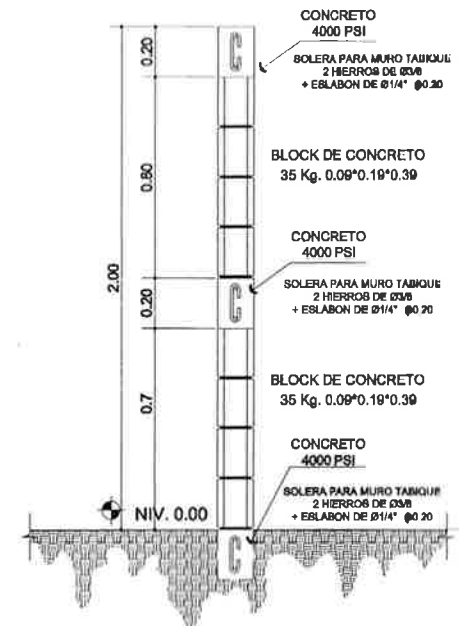
CORTE DE MURO No. 2
ESCALA: 1/30



CORTE DE MURO No. 3
ESCALA: 1/30



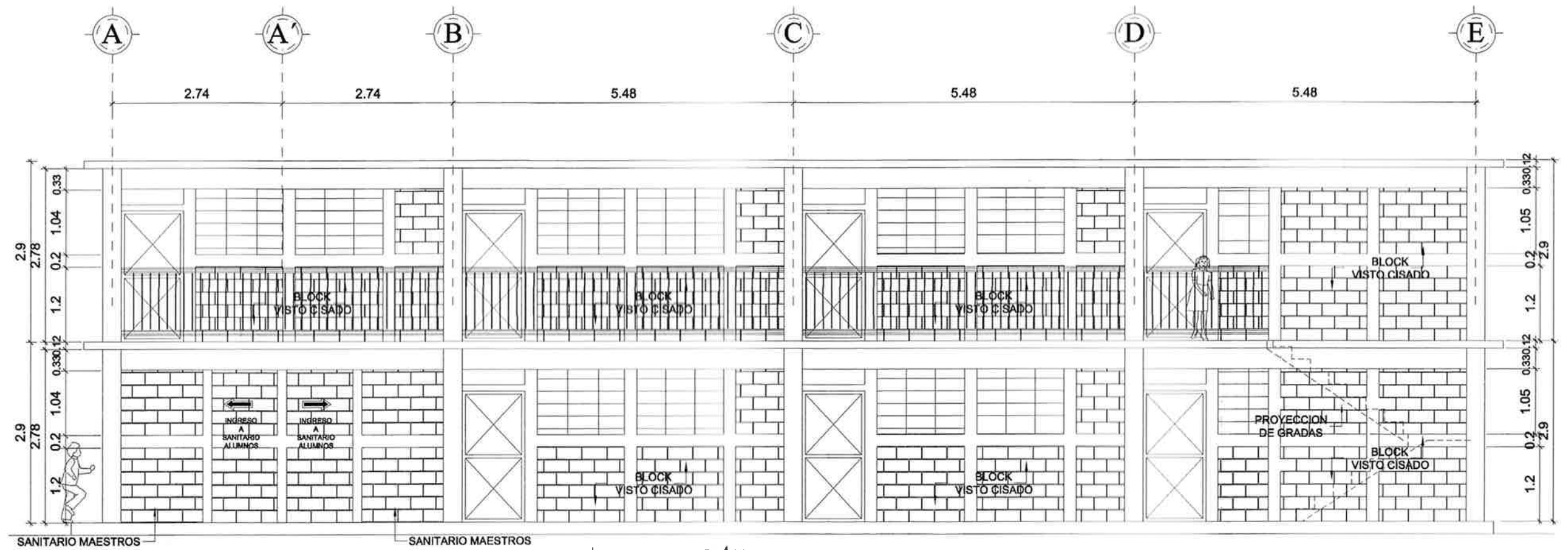
CORTE DE MURO No. 4
ESCALA: 1/30



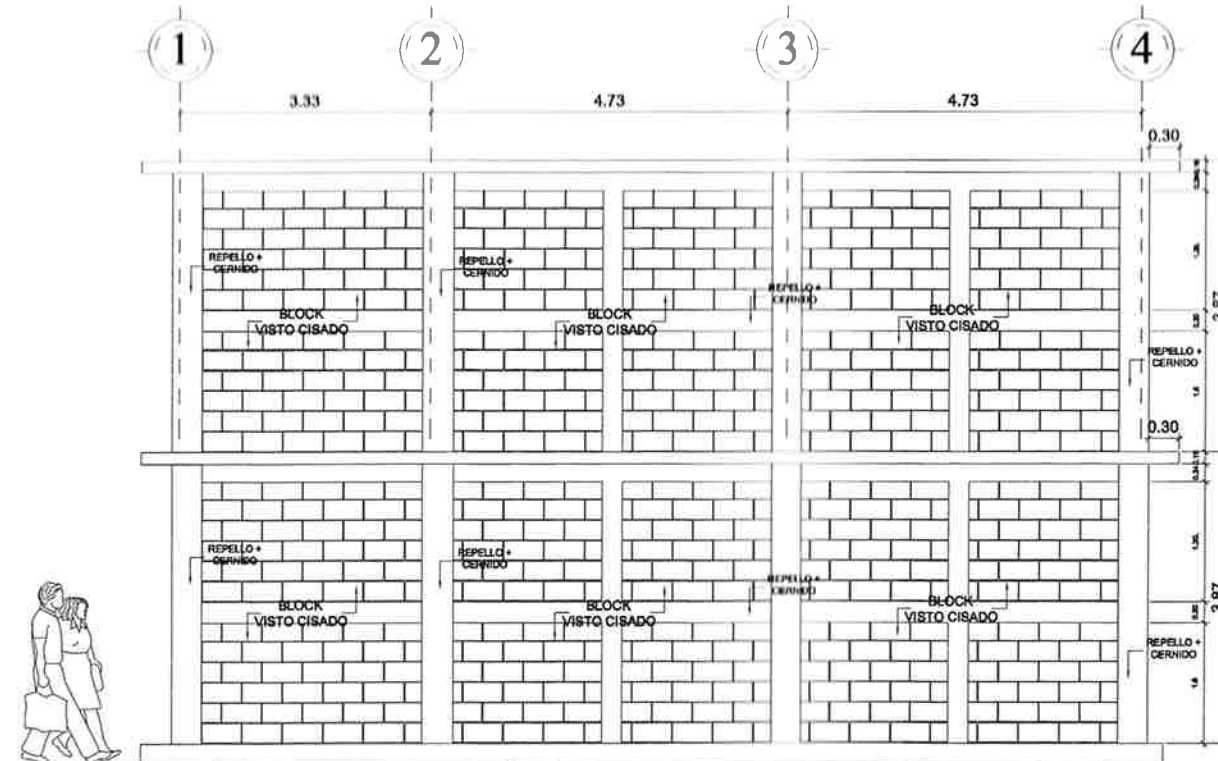
CORTE DE MURO No. 5
TABIQUE PARA BAÑOS
ESCALA: 1/30



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA, LICENCIATURA PROFESIONAL SUPLENDAO	
PROYECTO:	
ESCUELA PRIMARIA CON OBRAS DE RECONSTRUCCION Y REFORMA	
ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN CARLOS, GUATEMALA	
ESTADANTE: LUIS PEDRO HERNANDEZ	
CONTENIDO:	
DETALLE DE CORTE DE MUROS	
VOTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	



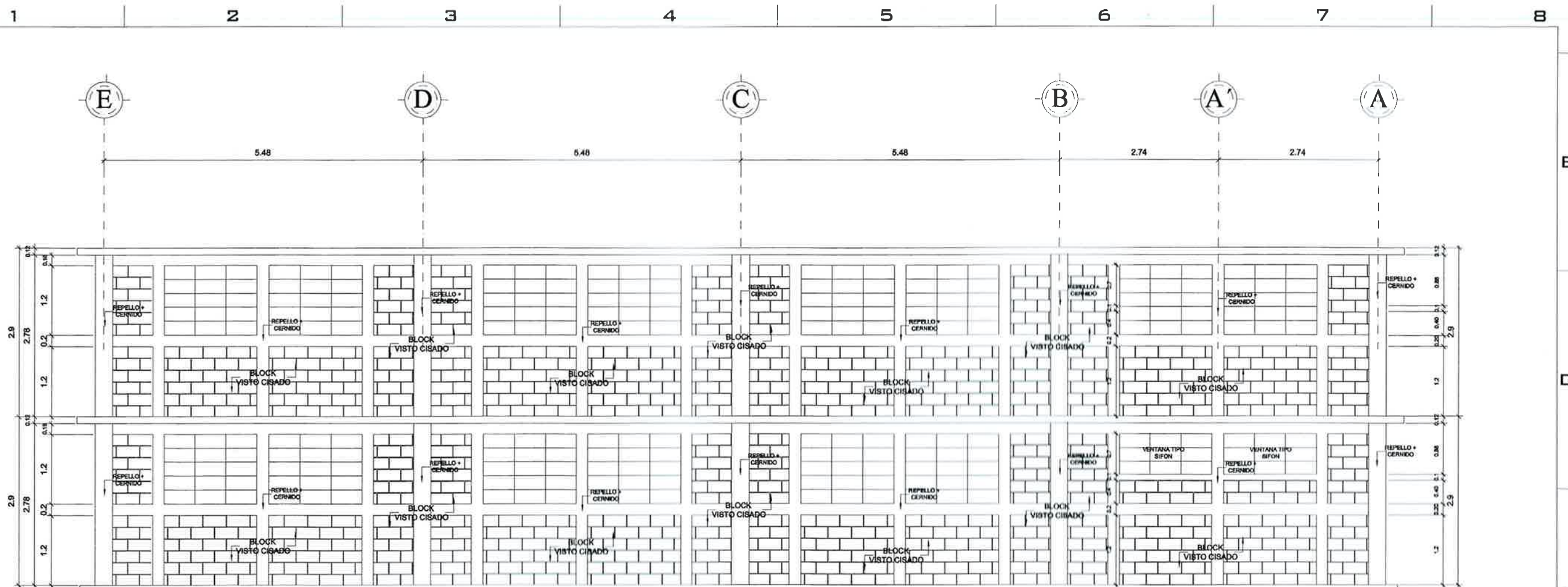
ELEVACIÓN FRONTAL
LADO SUR
ESCALA 1/75



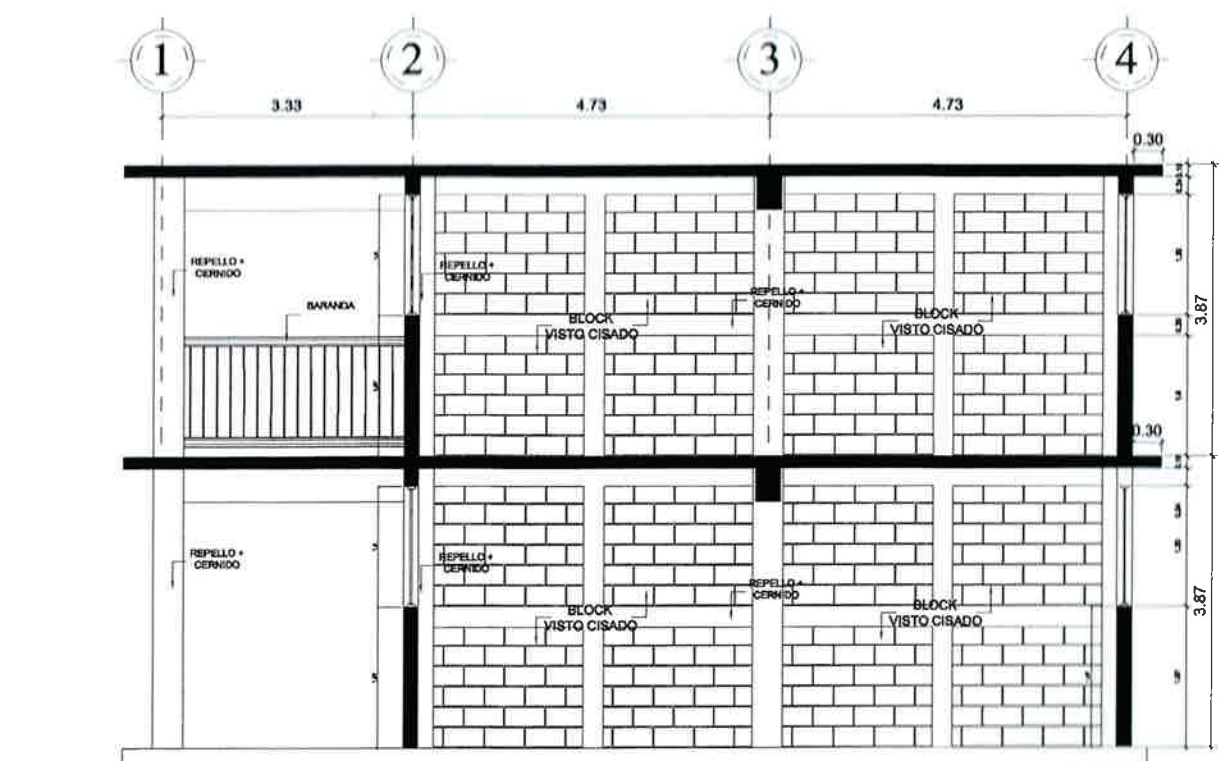
ELEVACIÓN LATERAL
ESCALA 1/75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
ESCUELA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA 1		
DIRECCION DEL PROYECTO		
AL DIA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		CALCULO
ESTUDIANTE: LUIS PLENO DONOR HUMANAIZ		CAJUELO: 201213251
CONTENIDO:		
ELEVACIONES + DETALLES		
		
VOTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		6
		13



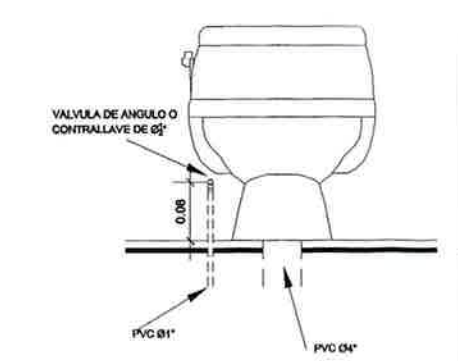
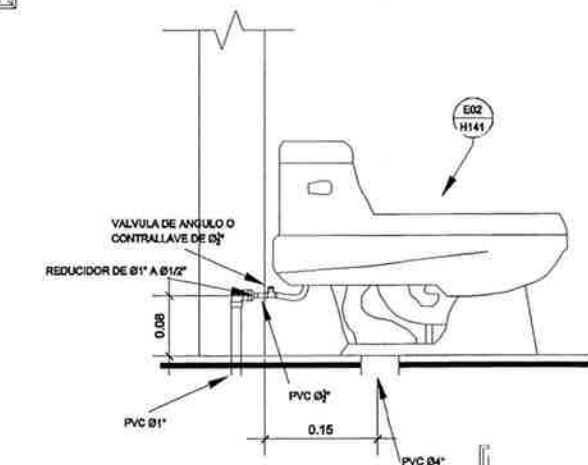
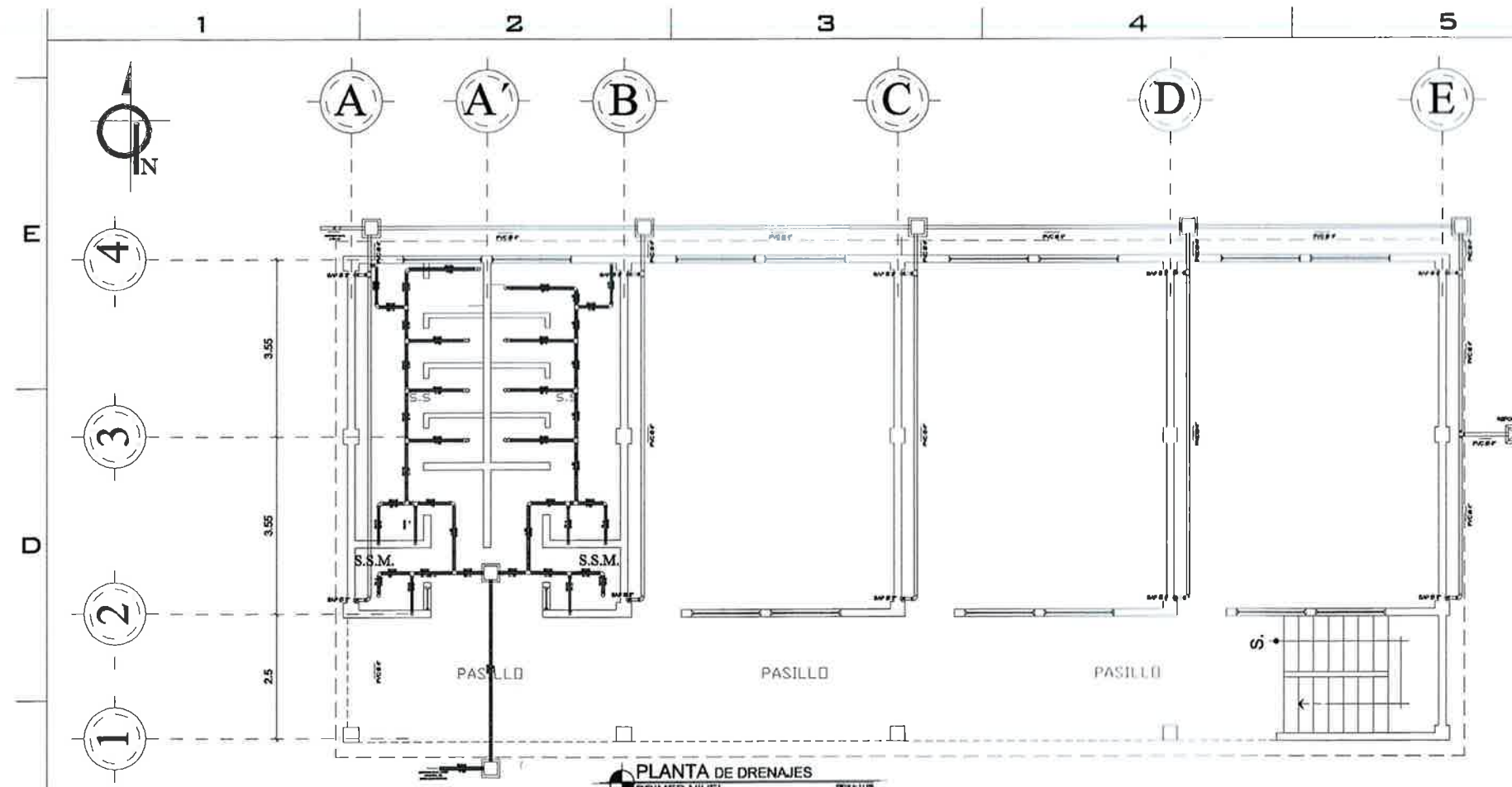
ELEVACIÓN POSTERIOR
LADO NORTE
ESCALA 1/10



ELEVACIÓN LATERAL
ESCALA 1/10

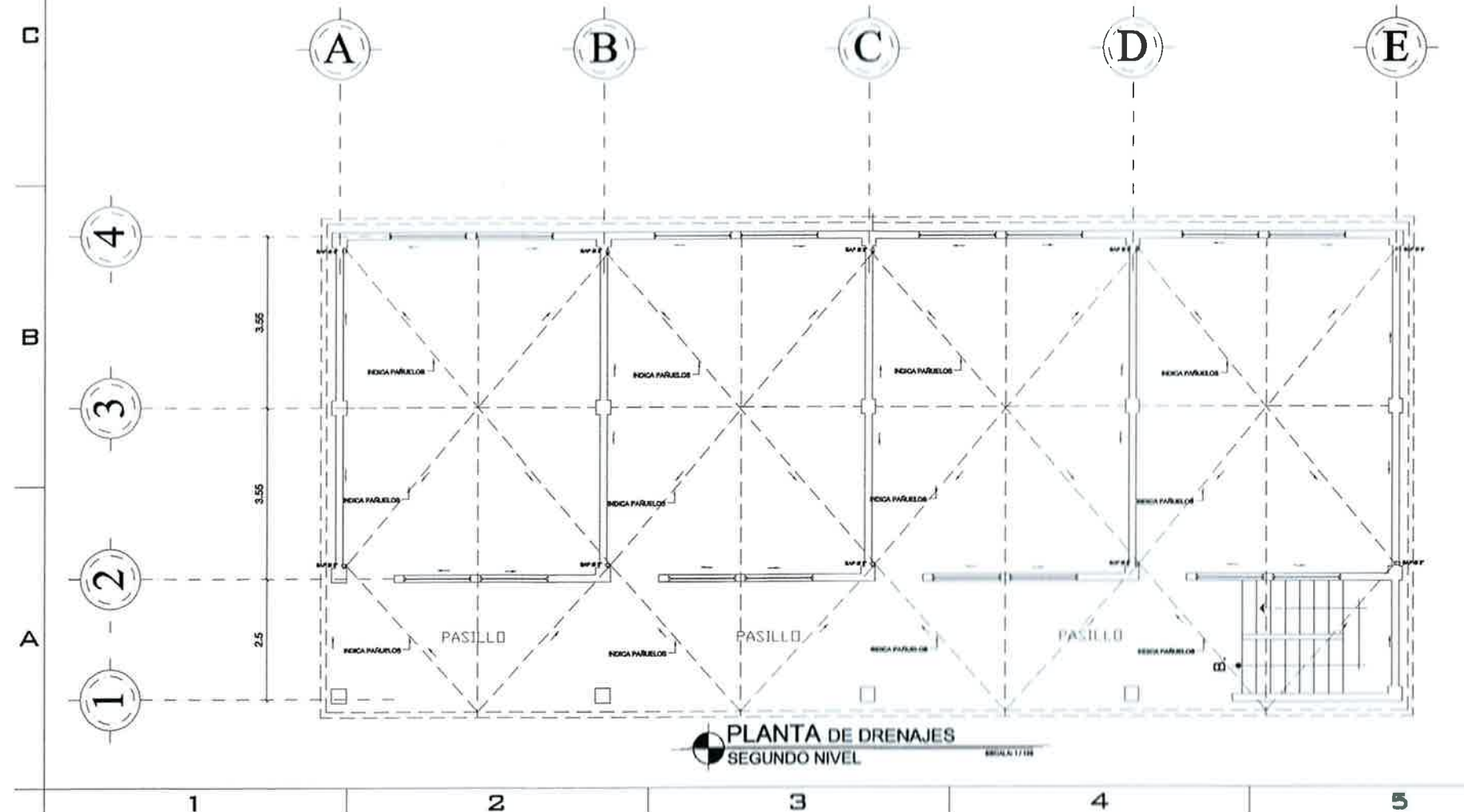


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPLENTERIO		
PROYECTO:		ESTADISTICA
DIRECCION DEL PROYECTO:		REALIZADO
CONTENIDO:		FECHA
ELEVACIONES + DETALLES		FEBRERO
ESCALA INDICADA		ESCALA
HOJA		HOJA
VIGENTE: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		7
		13

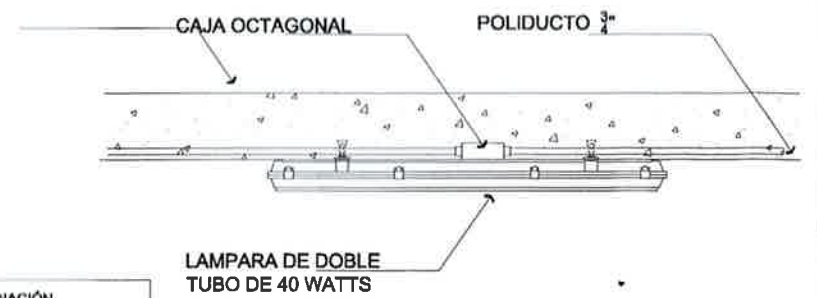
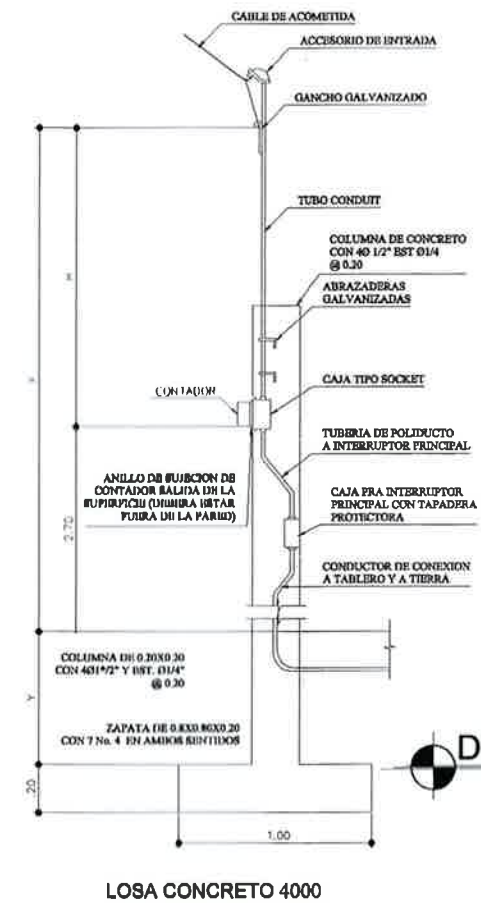
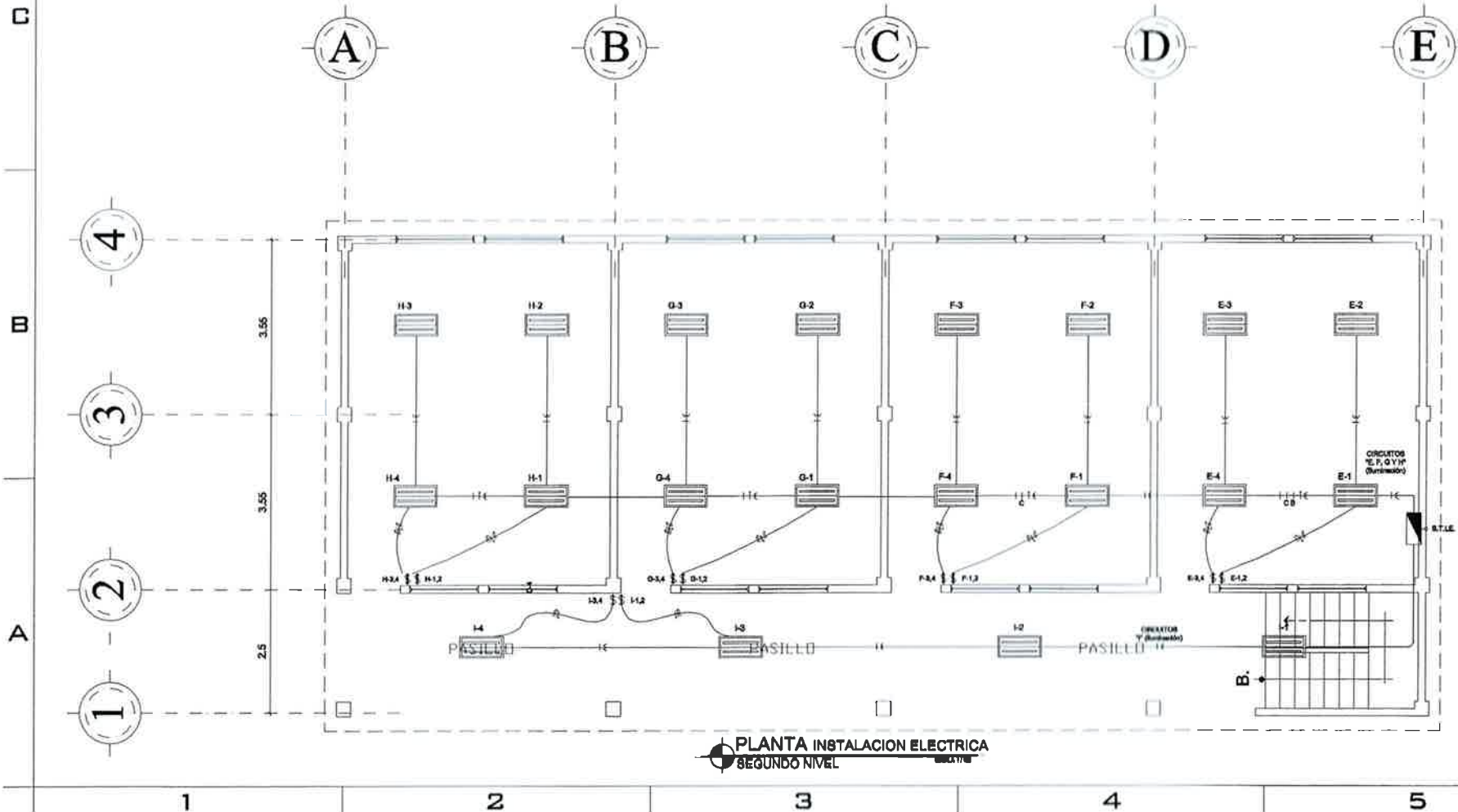
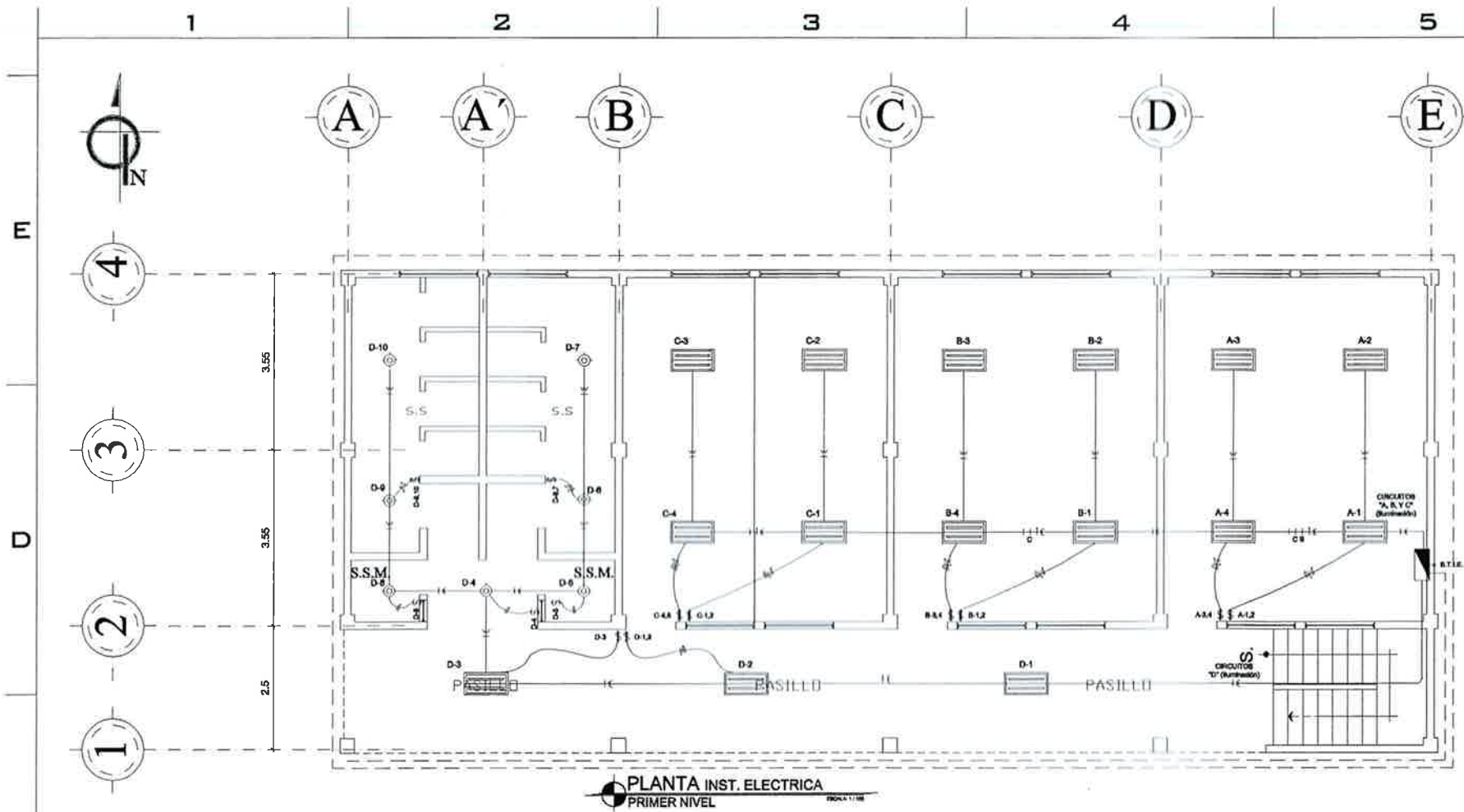


ESPERAS SANITARIAS
escala 1:10

SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
	TUBO DE DRAJAJE AGUAS NEGRAS
	TUBO DE DRAJAJE AGUAS PLUVIAL
	CODO 90° HORIZONTAL
	CODO 90° VERTICAL
	TEE HORIZONTAL
	TEE VERTICAL
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL
	SIFON TERMINAL

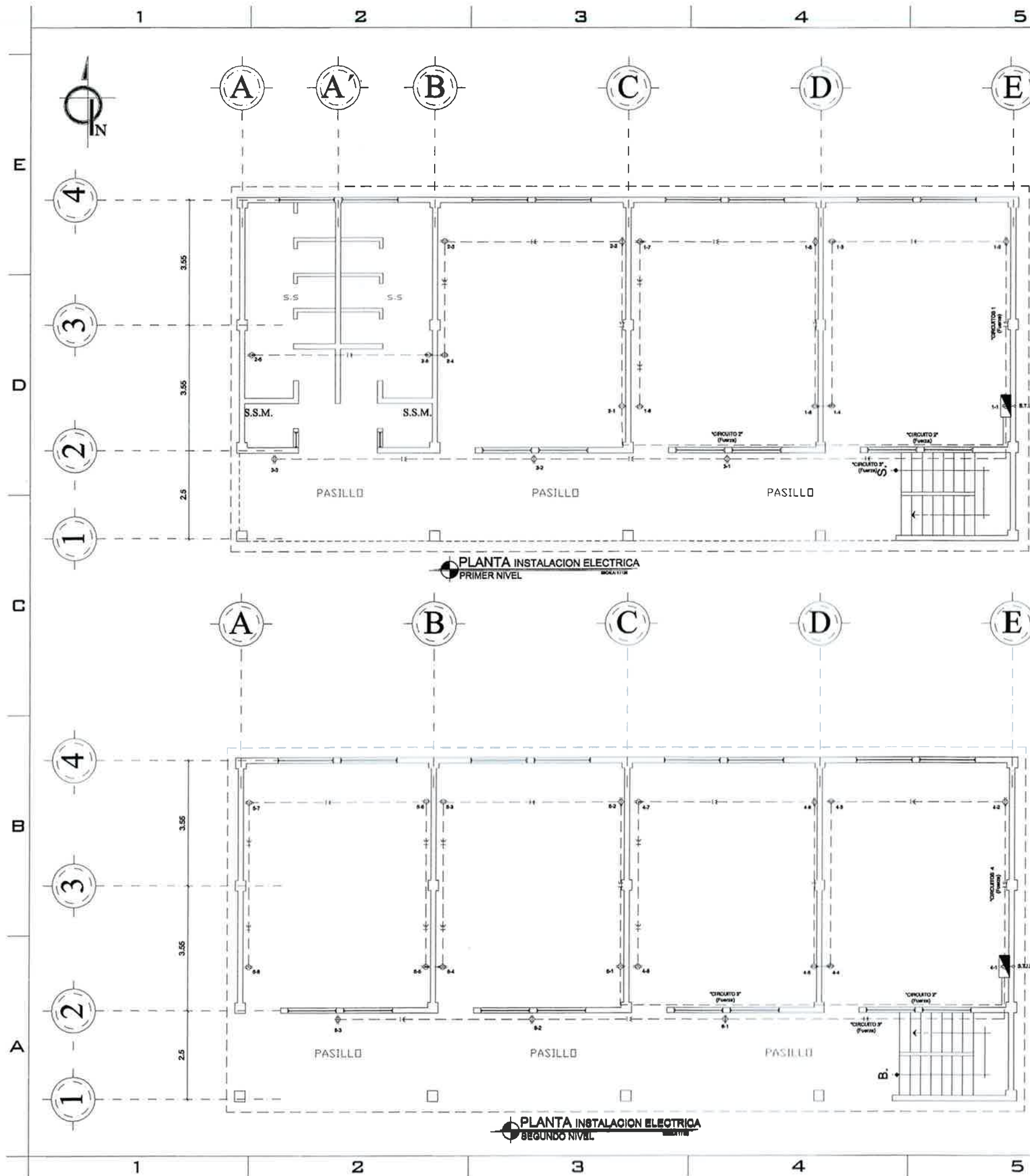


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, LAJUNIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		
FACULTAD PRIMARIA COLOMBIA BORQUE DE VITA INTIMA 1		
DIRECCION DEL PROYECTO:		
AL DIA VITA INTIMA, SAN PEDRO SACATEPEQUE, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS FELIX BORDON HERNANDEZ CARNI: 201218251		
CONTENIDO:		
PLANTA DE INSTALACION DE DRENAJES		
VOBO. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
FECHA	ESCALA	8/13
FEBRERO	INDICADA	
HORA		

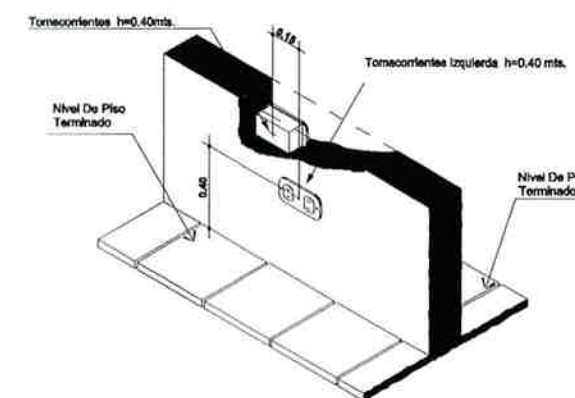


NOMENCLATURA DE ILUMINACIÓN	
SÍMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERIA EN CIELO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO 3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	LAMPARA FLUORESCENTE DOBLE
	LAMPARA EN CIELO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		
ESCUELA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA 1		
DIRECCION DEL PROYECTO:		
ALDEA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORRERO HERNANDEZ	CAVINE: 201213251	
CONTENIDO:		
PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION)		
VOTO: ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ		
FECHA: FERRERO	ESCALA: INDICADA	HOJA: 10
		13



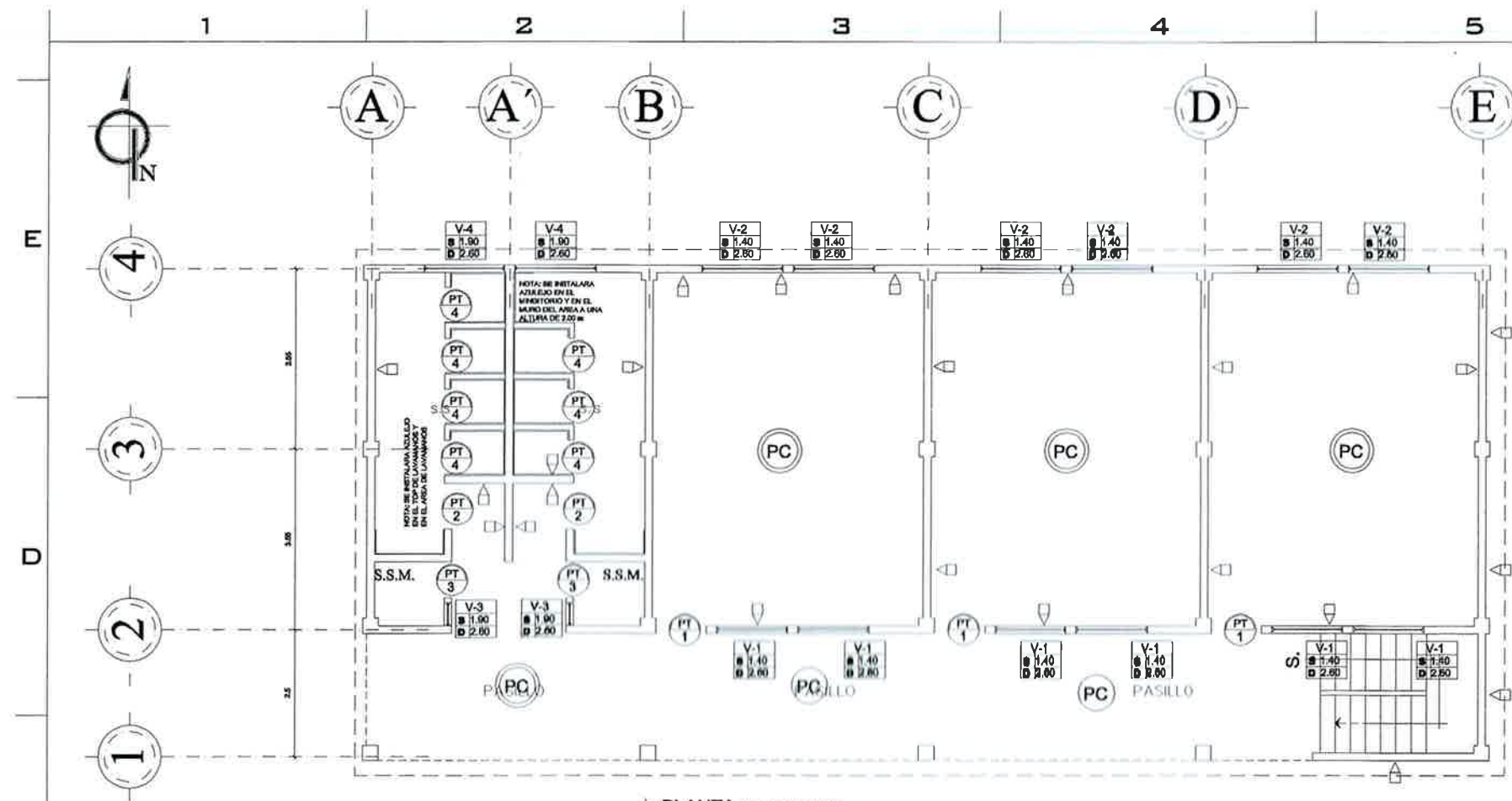
NOMENCLATURA DE ILUMINACIÓN	
SÍMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERIA EN CIELO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO



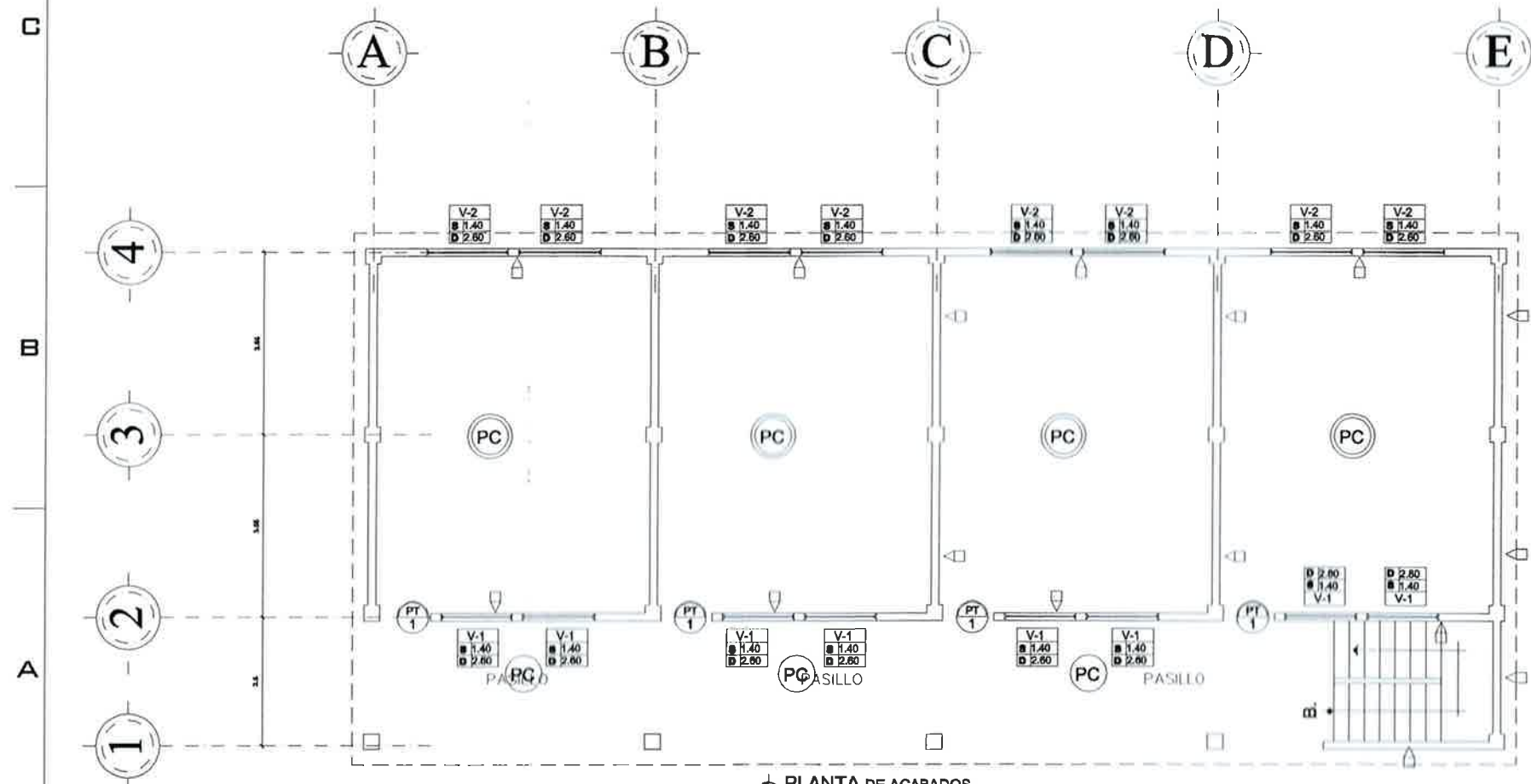
DETALLE UBICACION DE
TOMACORRIENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
ESCUELA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA 1		DISEÑO
DIRECCION DEL PROYECTO		CALCULO
ALDEA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		FECHA
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORDO HERNANDEZ		FEBRERO
CARNÉ: 201213251		ESCALA
CONTENIDO:		INDICADA
PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (FUERZA)		HOJA
VBOB. ING. OSCAR ARGUERA HERNANDEZ		11
		13



PLANTA DE ACABADOS
PRIMER NIVEL



PLANTA DE ACABADOS
SEGUNDO NIVEL

TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL	OBSERVACIONES
	7	1.00	2.60	METAL+ SOBRE MARCO	UBICAR BALONBE
	2	0.90	2.60	METAL+ SOBRE MARCO	UBICAR INGRESO EN BAÑOS DE ALUMNOS
	2	0.70	1.60	METAL+ SOBRE MARCO	UBICAR EN BAÑOS DE MAESTROS
	7	0.70	1.80	METAL+ SOBRE MARCO	UBICAR EN BAÑOS DE NIÑOS
TOTAL	18				

PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL	OBSERVACIONES
	14	1.40	1.20	VIDRIO 5mm + MARCO DE ALUMINIO	
V-2	14	1.60	1.20	VIDRIO 5mm + MARCO DE ALUMINIO	
V-3	2	0.45	0.70	VIDRIO 5mm + MARCO DE ALUMINIO	UBICAR EN BAÑOS DE MAESTROS
V-4	2	1.60	0.70	VIDRIO 5mm + MARCO DE ALUMINIO	UBICAR EN MODULO DE BAÑOS
TOTAL	32				

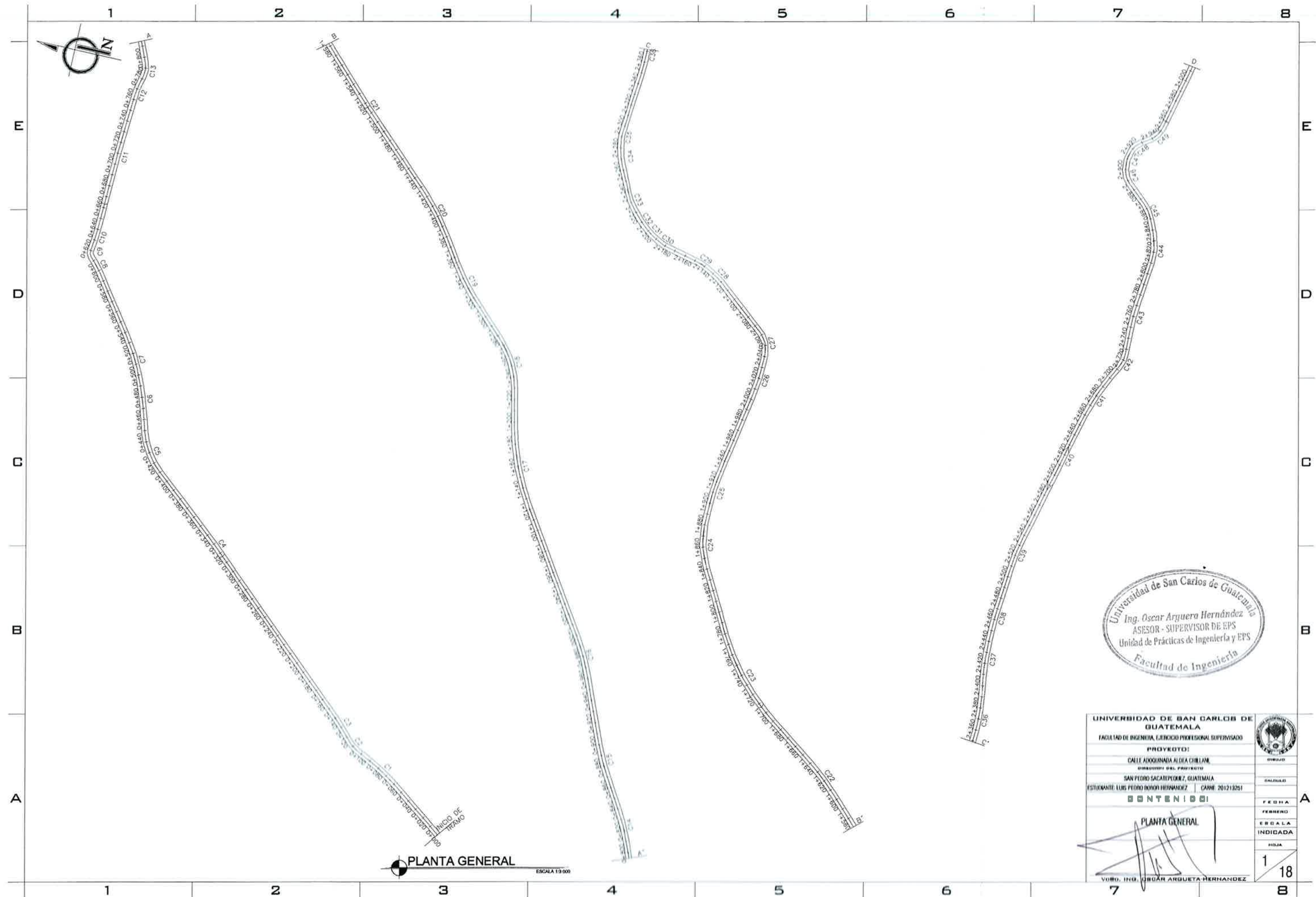
NOMENCLATURA

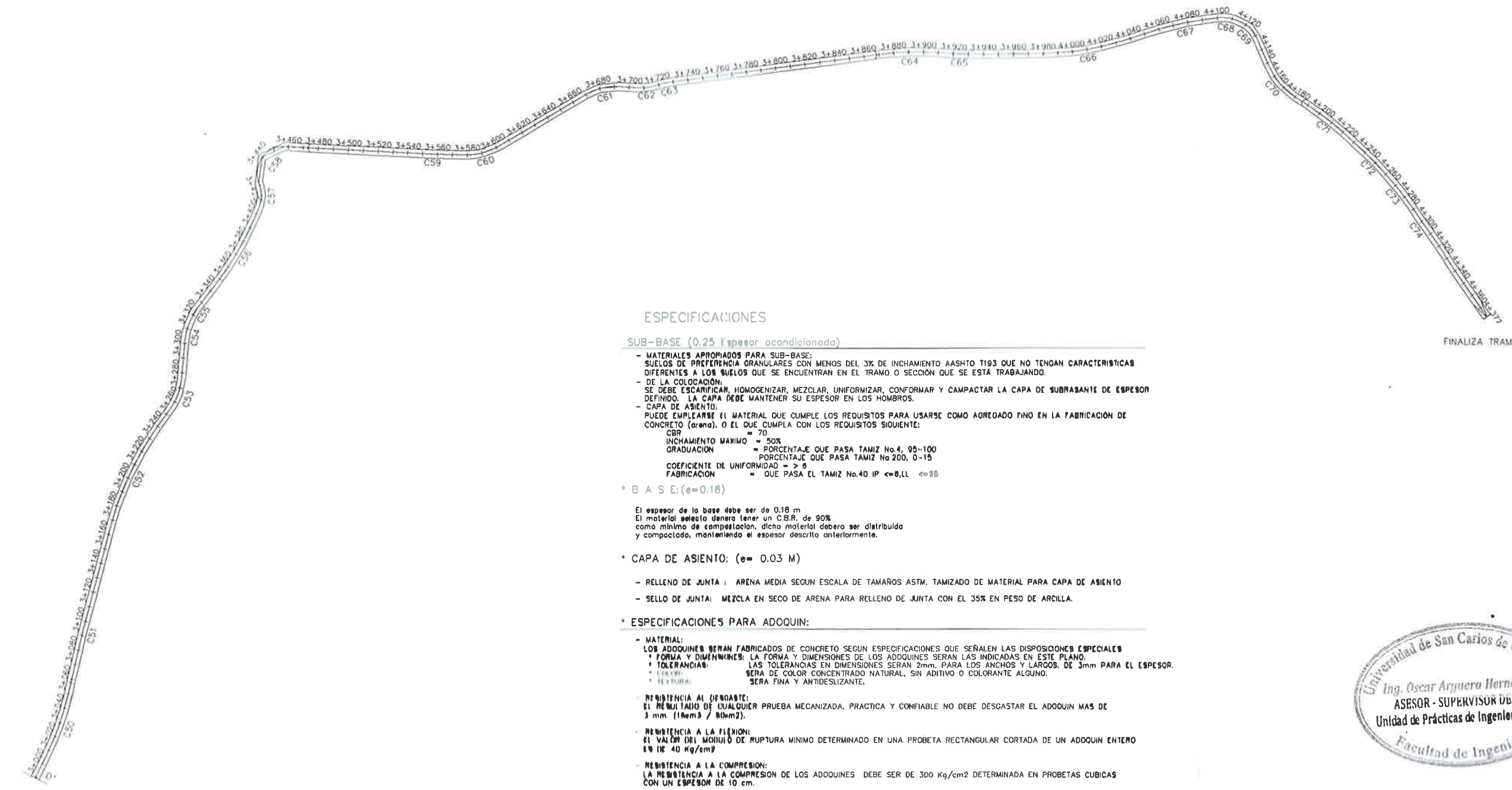
	BLOCK 0.14 x 0.19 x 0.39 BLOCK VISTO CISADO
	TIPO DE VENTANA SILLAR DINTEL
	INDICA PISO CERAMICO ANTIDESLIZANTE
	INDICA TIPO DE PUERTA
	INDICA INSTALACIÓN DE AZULEJO A 2.00 m DE ALTURA

**NOTA: LAS COLUMNAS,
SOLERAS, LOSAS Y VIGAS
TENDRAN UN ACABADO DE
REPELLO + CERNIDO.**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO:	ESCUOLA PRIMARIA COLONIA BOSQUES DE VISTA HERMOSA 1
DIRECCION DEL PROYECTO	ALDEA VISTA HERMOSA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORROR HERNANDEZ	CARNE: 201213251
CONTENIDO:	PLANTA DE ACABADOS
FECHA	FEBRERO
ESCALA	INDICADA
HOJA	13
VBO. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	13





PLANTA GENERAL
ESCALA 1:1000

ESPECIFICACIONES

SUB-BASE (0.25 Espesor acondicionada)

- MATERIALES APROPIADOS PARA SUB-BASE:
SUELOS DE PREFERENCIA GRANULARES CON MENOS DEL 3% DE INCHAMIENTO AASHTO T193 QUE NO TENGAN CARACTERISTICAS DIFERENTES A LOS SUELOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL TRAMO O SECCION QUE SE ESTÁ TRABAJANDO.
- DE LA COLOCACIÓN:
SE DEBE ESCAMIFICAR, HOMOGENIZAR, MEZCLAR, UNIFORMIZAR, CONFORMAR Y CAMPACTAR LA CAPA DE SUBRASANTE DE ESPESOR DEFINIDO. LA CAPA DEBE MANTENER SU ESPESOR EN LOS HOMBROS.
- CAPA DE ASIENTO:
PUEDE EMPLEARSE EL MATERIAL QUE CUMPLE LOS REQUISITOS PARA USARSE COMO AGREGADO FINO EN LA FABRICACIÓN DE CONCRETO (arena), O EL QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS SIGUIENTE:
CBR = 70
INCHAMIENTO MAXIMO = 50%
GRADUACION = PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ No.4, 95-100
PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ No.200, 0-15
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = > 8
FABRICACION = QUE PASA EL TAMIZ No.40 IP <= 0.18

* B A S E: (e=0.18)

El espesor de la base debe ser de 0.18 m
El material seleccionado tener un C.B.R. de 90%
como mínimo de compactación, dicho material deberá ser distribuido y compactado, manteniendo el espesor descrito anteriormente.

* CAPA DE ASIENTO: (e= 0.03 M)

- RELLENO DE JUNTA: ARENA MEDIA SEGUN ESCALA DE TAMAÑOS ASTM. TAMIZADO DE MATERIAL PARA CAPA DE ASIENTO
- SELLO DE JUNTA: MEZCLA EN SECO DE ARENA PARA RELLENO DE JUNTA CON EL 35% EN PESO DE ARCILLA.

* ESPECIFICACIONES PARA ADOQUIN:

- MATERIAL:
LOS ADOQUINES SERAN FABRICADOS DE CONCRETO SEGUN ESPECIFICACIONES QUE SEÑALEN LAS DISPOSICIONES ESPECIALES
- * FORMA Y DIMENSIONES: LA FORMA Y DIMENSIONES DE LOS ADOQUINES SERAN LAS INDICADAS EN ESTE PLANO.
- * TOLERANCIAS: LAS TOLERANCIAS EN DIMENSIONES SERAN 2mm. PARA LOS ANCHOS Y LARGOS. DE 3mm PARA EL ESPESOR.
- * COLOR: SERA DE COLOR CONCENTRADO NATURAL, SIN ADITIVO O COLORANTE ALGUNO.
- * TEXTURA: SERA FINA Y ANTIDESLIZANTE.
- RESISTENCIA AL DESGASTE:
EL RESULTADO DE CUALQUIER PRUEBA MECANIZADA, PRACTICA Y CONFIABLE NO DEBE DESGASTAR EL ADOQUIN MAS DE 3 mm. (10mm / 100mm²).
- RESISTENCIA A LA FLECCION:
EL VALOR DEL MOMENTO DE RUPTURA MINIMO DETERMINADO EN UNA PROBETA RECTANGULAR CORTADA DE UN ADOQUIN ENTERO ES DE 40 kg/cm²
- RESISTENCIA A LA COMPRESION:
LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LOS ADOQUINES DEBE SER DE 300 Kg/cm² DETERMINADA EN PROBETAS CUBICAS CON UN ESPESOR DE 10 cm.
- MUESTREO:
LA MUESTRA SERA 10 ADOQUINES ENTEROS POR CADA 15,000 O FRACCION, TOMANDO AL AZAR EL LUGAR DE FABRICACION Y SE ENSAYARAN ANTES DE SU COLOCACION EN EL PAVIMENTO.



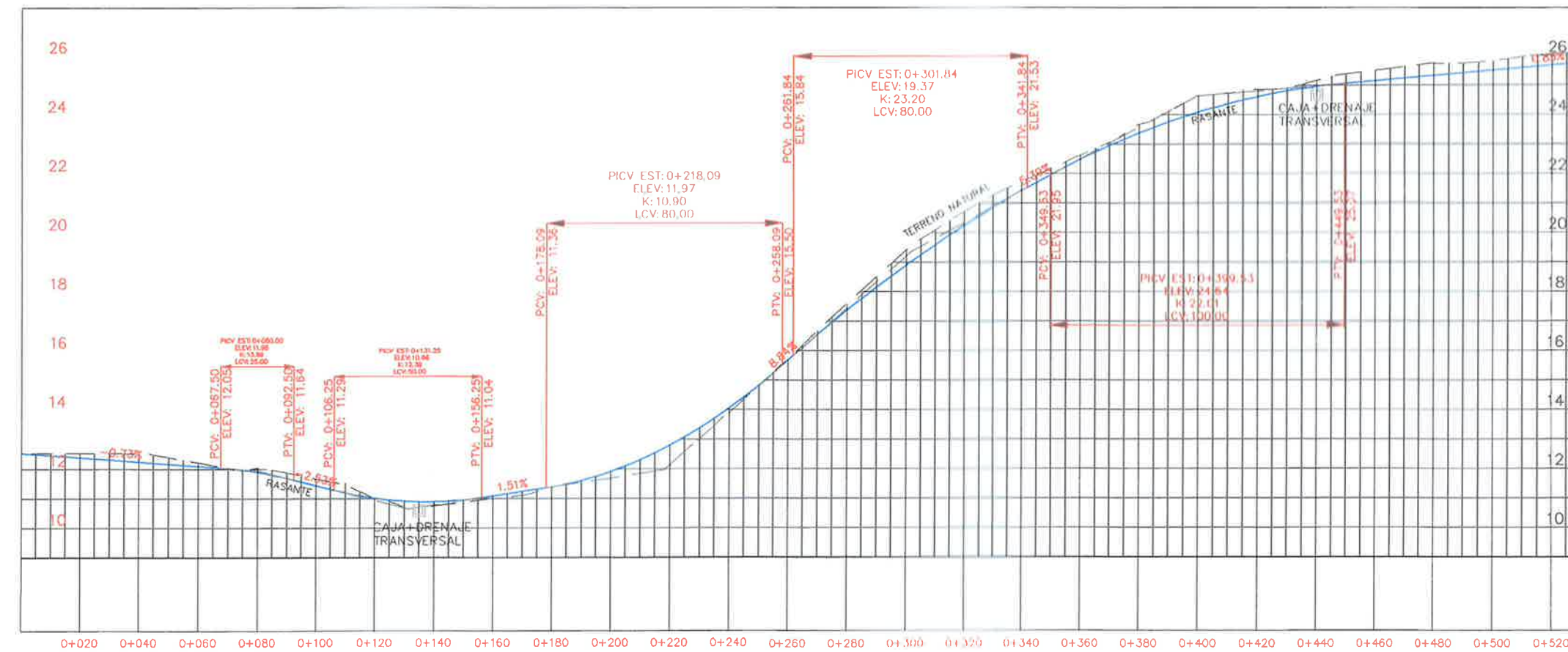
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO:	
CALLE ADORNADA ALMA CHILAN,	
DIRECCION DEL PROYECTO:	
SAN PEDRO SACATE PEQUEZ, GUATEMALA	
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORDA HERNANDEZ CARRI: 201213251	
CONTENIDO:	
PLANTA GENERAL	
VOTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	
FECHA:	2
ESCALA:	18
HOJA:	



VELOCIDAD DE DISEÑO = 20 km/h

PLANTA EST. 0+000.00 - 0+520.00
ESCALA 1:1200

SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA-DRENAJE TRANSVERSAL
	PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PUNTO DE INTERSECCION
	NUMERO DE CURVA
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION
	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION



PERFIL EST. 0+000.00 - 0+520.00
ESCALA H 1:1500
ESCALA V 1:500

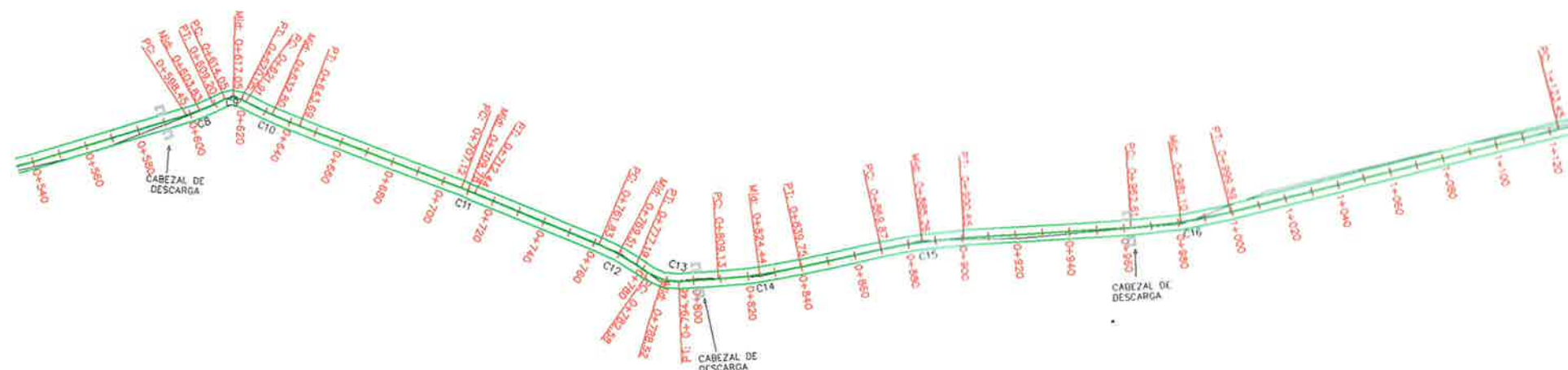
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA, FORTALECIMIENTO PROFESIONAL SUPLENENTE
PROYECTO:
CALLE ADORNADA ALDEA CHILAH,
MUNICIPIO DE PATZUN
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BONAHO HERNANDEZ | CARNÉ: 201210001

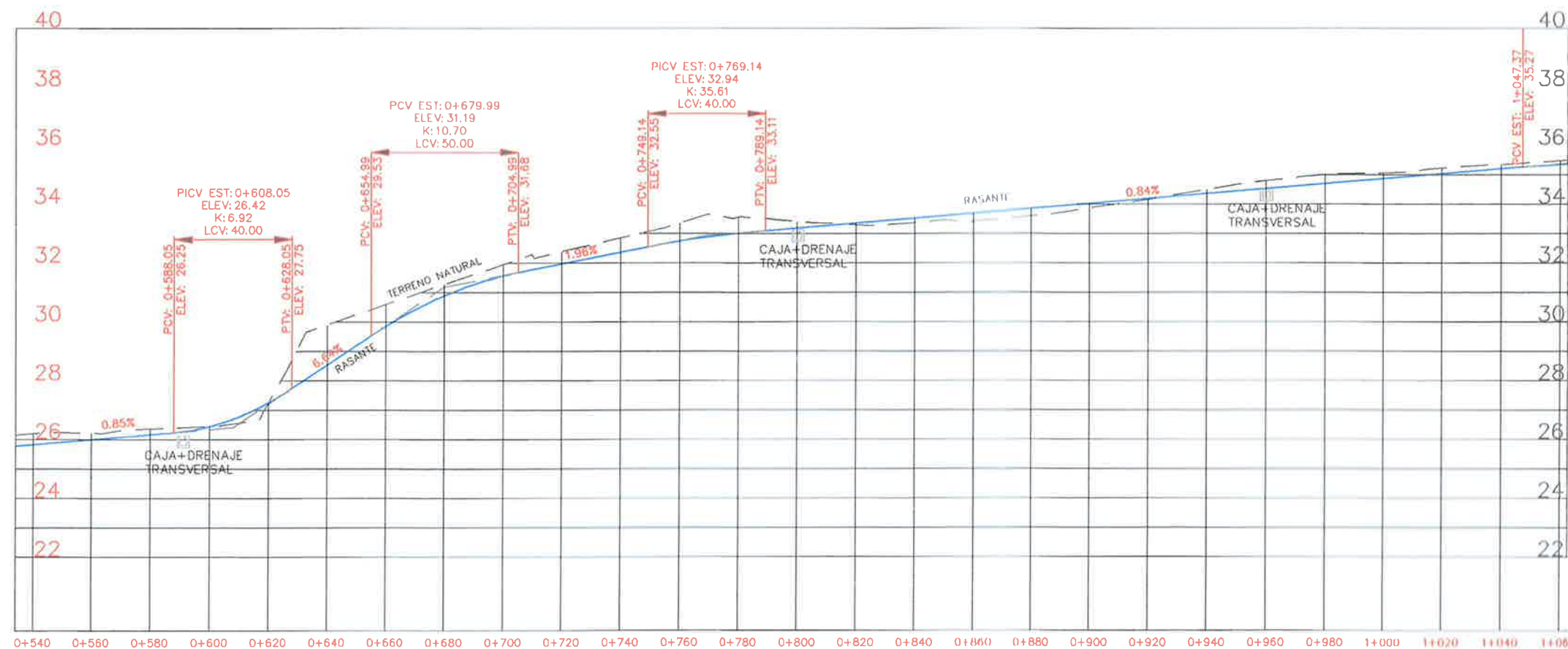
CONTENIDO:
PIANTA + PERFIL, EST. 0+0,00 - 0+520

VOLUMEN, ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

FIGURA
PROYECTO
SEÑALA
INDICADA
FOLIO
3
18



PLANTA EST. 0+540.00 - 1+060.00
ESCALA 1:1200



PERFIL EST. 0+540.00 - 1+060.00
ESCALA H 1:1500
ESCALA V 1:500

SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA-DRENAJE TRANSVERSAL
	PRINCIPIO DE CURVA
	ALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PUNTO DE INTERSECCION
	NUMERO DE CURVA
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION
	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION

Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO:
CALLE ADJUNTA ALDEA CHILAH,
DISTRITO DE SAN PABLO
SAN PEDRO SACATEPEQUE, GUATEMALA
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BARRON HERNANDEZ | CARNÉ: 201213251

CONTENIDO:

PLANTA + PERFIL EST. 0+540 - 1+060



FECHA

FECHERO

ESCALA

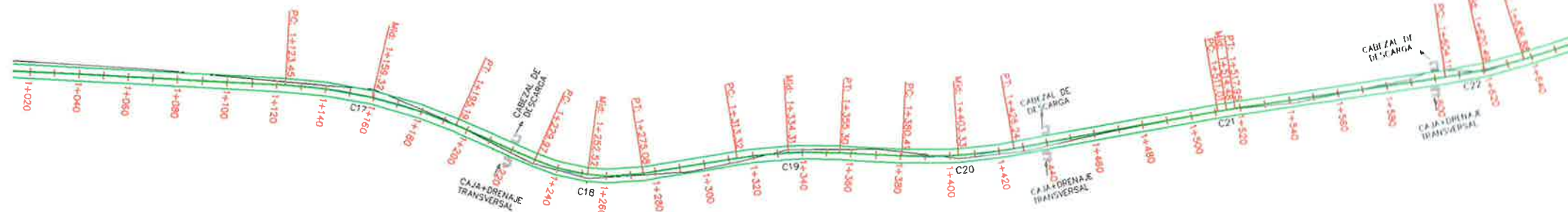
INDICADA

HUJA

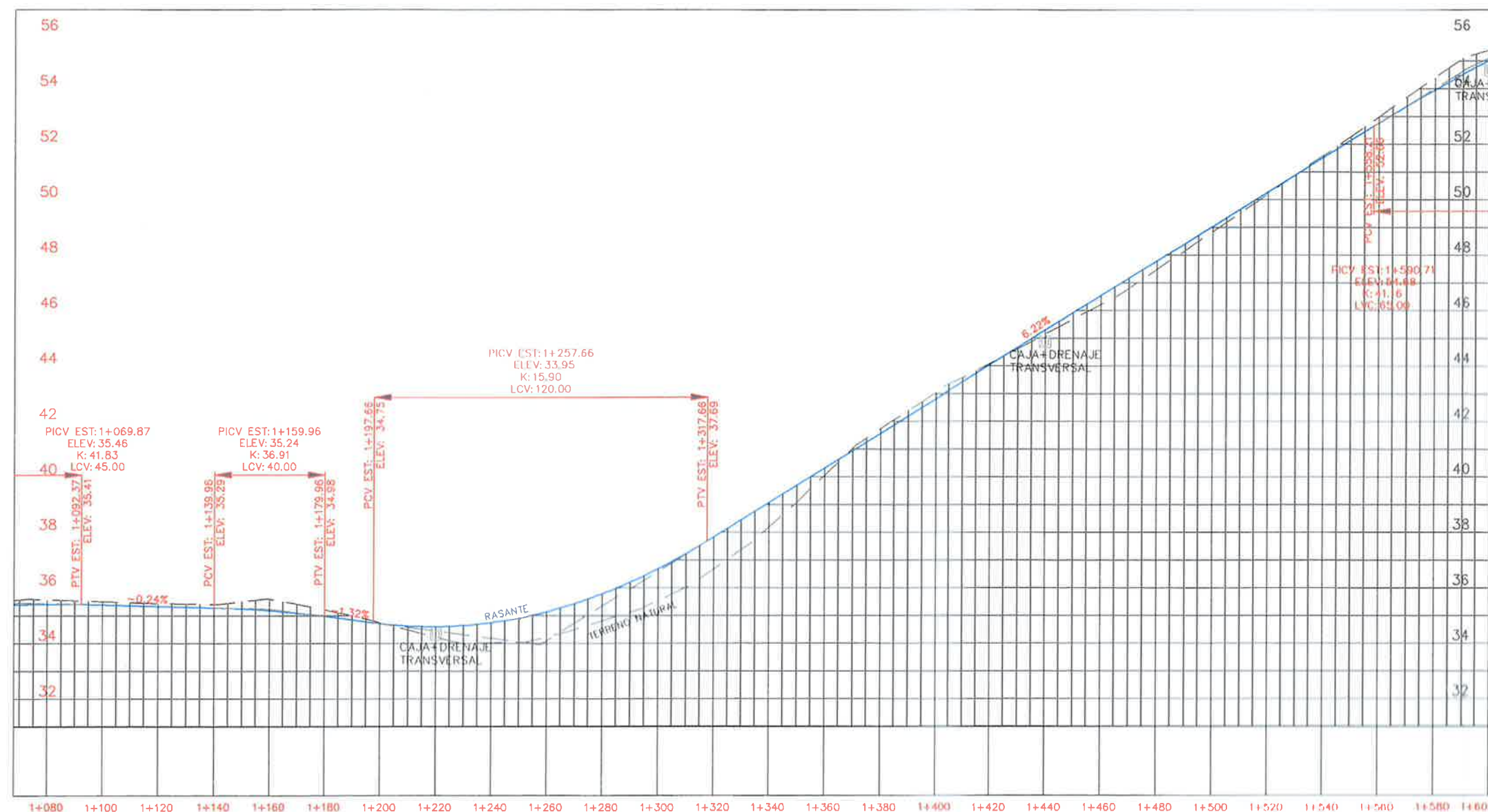
4

18

VOBO. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ



PLANTA EST. 1+080.00 - 1+600.00
ESCALA 1:1200

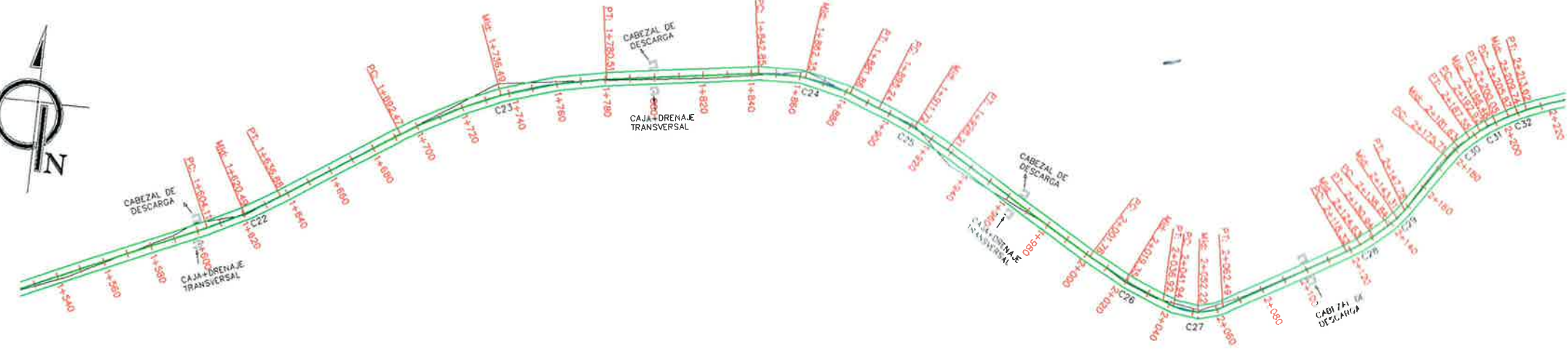


PERFIL EST. 1+080.00 - 1+600.00
ESCALA H 1:1500
ESCALA V 1:500

SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA DRENAJE TRANSVERSAL
	PC PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PT PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PIV=PI PUNTO DE INTERSECCION
	C-1 NUMERO DE CURVA
	PCV PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PTV PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PICV PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEV ELEVACION
	LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEV ELEVACION

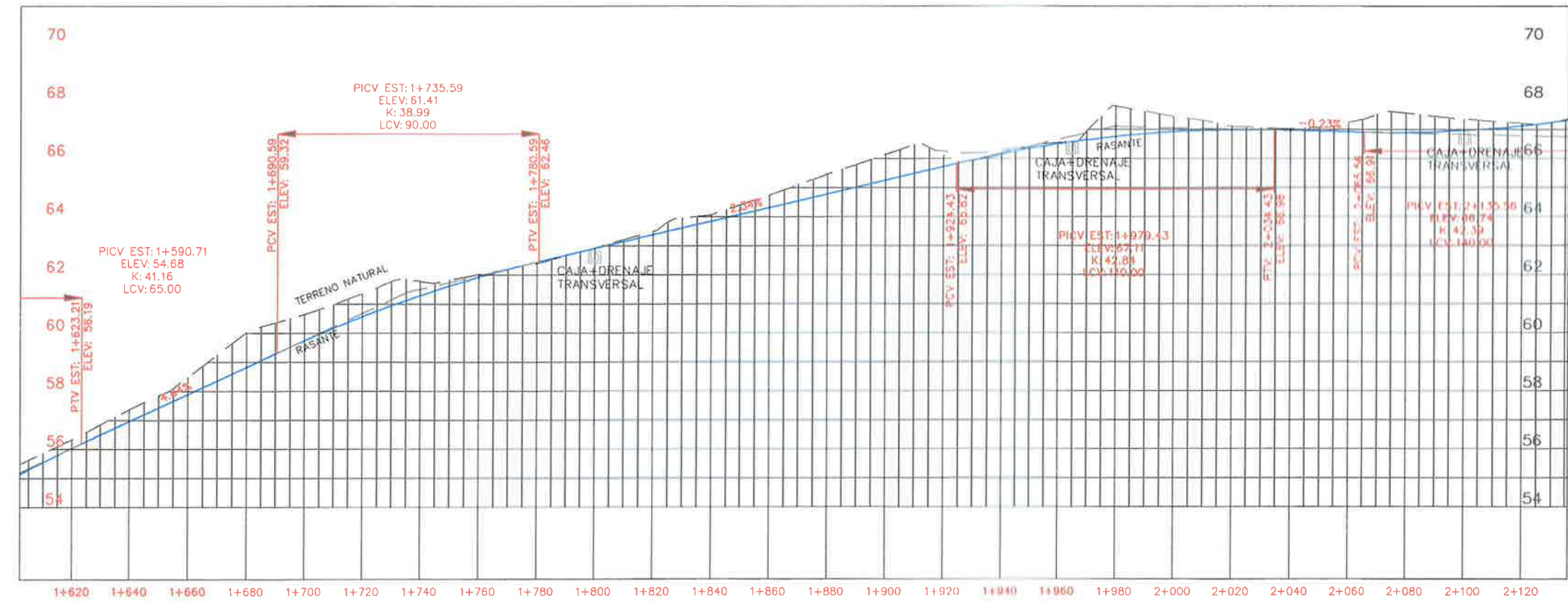
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		
CALLE ADORNADA ALDEA CHILLAH		
DIRECCION DEL PROYECTO:		
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO DOMINIGUEZ CARNÉ: 801818081		
CONTENIDO:		
PLANTA + PERFIL EST. 1+080 - 1+600		
Visto, Ing. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
FOLIO		5
TOTAL		18



PLANTA EST. 1+620.00 - 2+120.00
ESCALA 1:1200

SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA-DRENAJE TRANSVERSAL
	PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PUNTO DE INTERSECCION
	NUMERO DE CURVA
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION
	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION



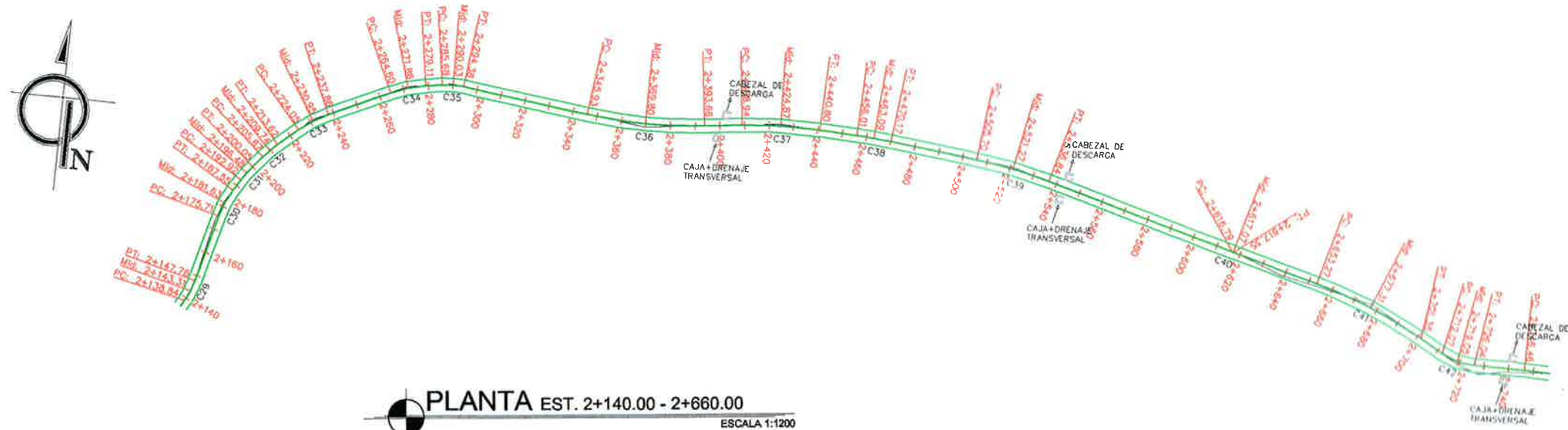
PERFIL EST. 1+620.00 - 2+120.00
ESCALA H 1:1600
ESCALA V 1:500

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA, LICENCIATURA PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO:	
CALLE ADJUNTA AL DIA CHILAM,	
DISTRITO DEL PROYECTO:	
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BOHON HERNANDEZ	
CONTENIDO:	
PLANTA + PERFIL EST. 1+620 - 2+120	
VOTO, ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	

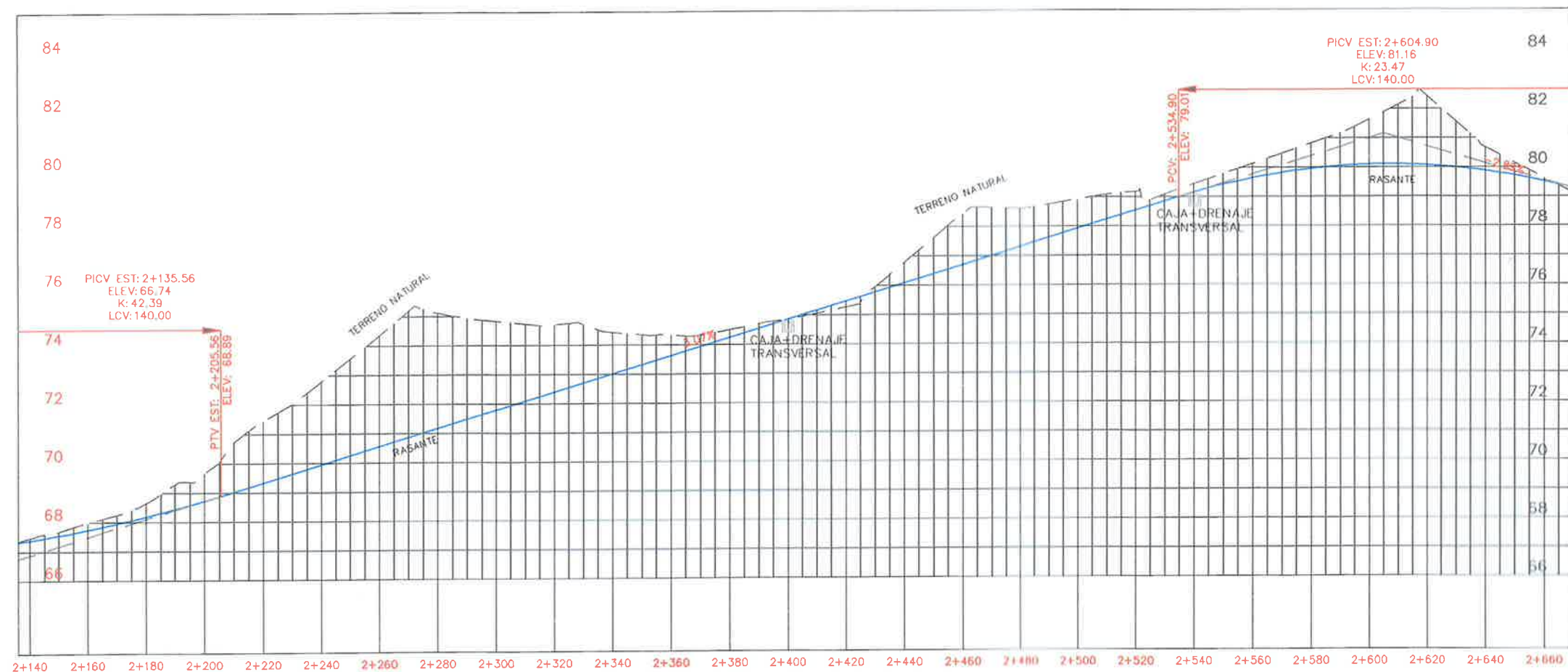


FECHA	18
ESCALA	18
INDICADA	18
HOJA	18



PLANTA EST. 2+140.00 - 2+660.00
ESCALA 1:1200

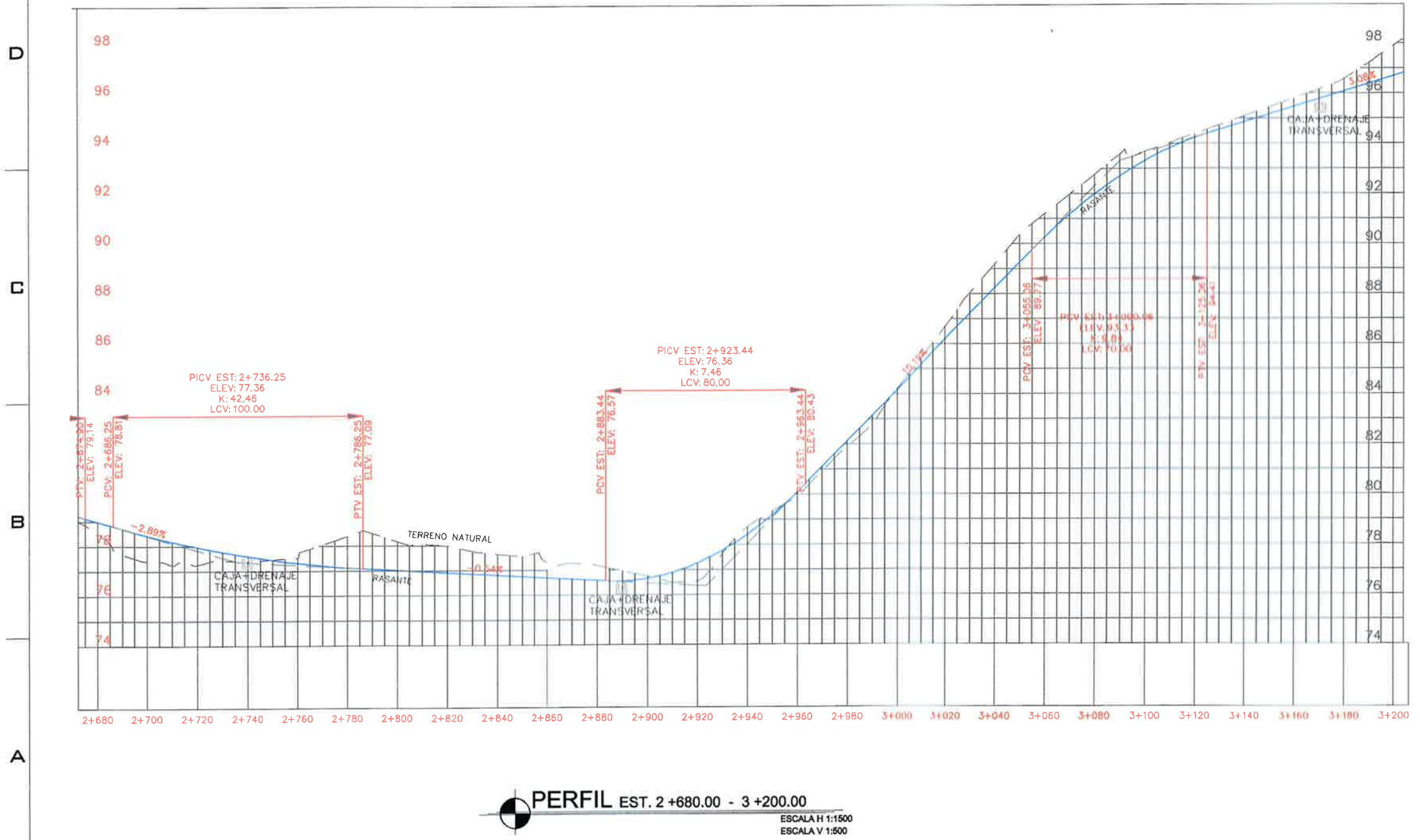
SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA DRENAJE TRANSVERSAL
	PC PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PT PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PVI PUNTO DE INTERSECCION
	C-1 NUMERO DE CURVA
	PCV PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PIV PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PICV PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEV ELEVACION
	LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEV ELEVACION



PERFIL EST. 2+140.00 - 2+660.00
ESCALA H 1:1600
ESCALA V 1:600

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

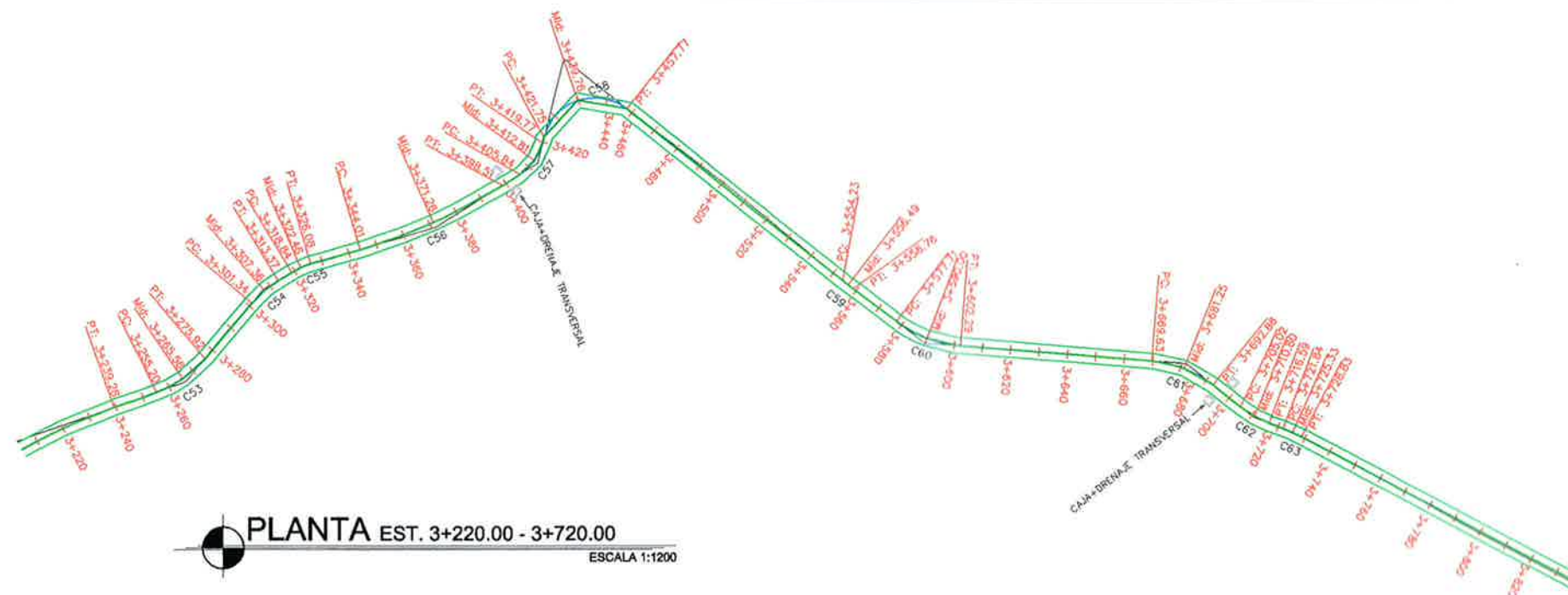
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
CALLE ADORNADA ALDEA CHILANI,		DISEÑO
DIRECCION DEL PROYECTO		
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		DISEÑO
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORROR HERNANDEZ		CARNE: 201213251
CONTENIDO:		
PLANTA + PERFIL EST. 2+140-2+660		
VOTO, ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		



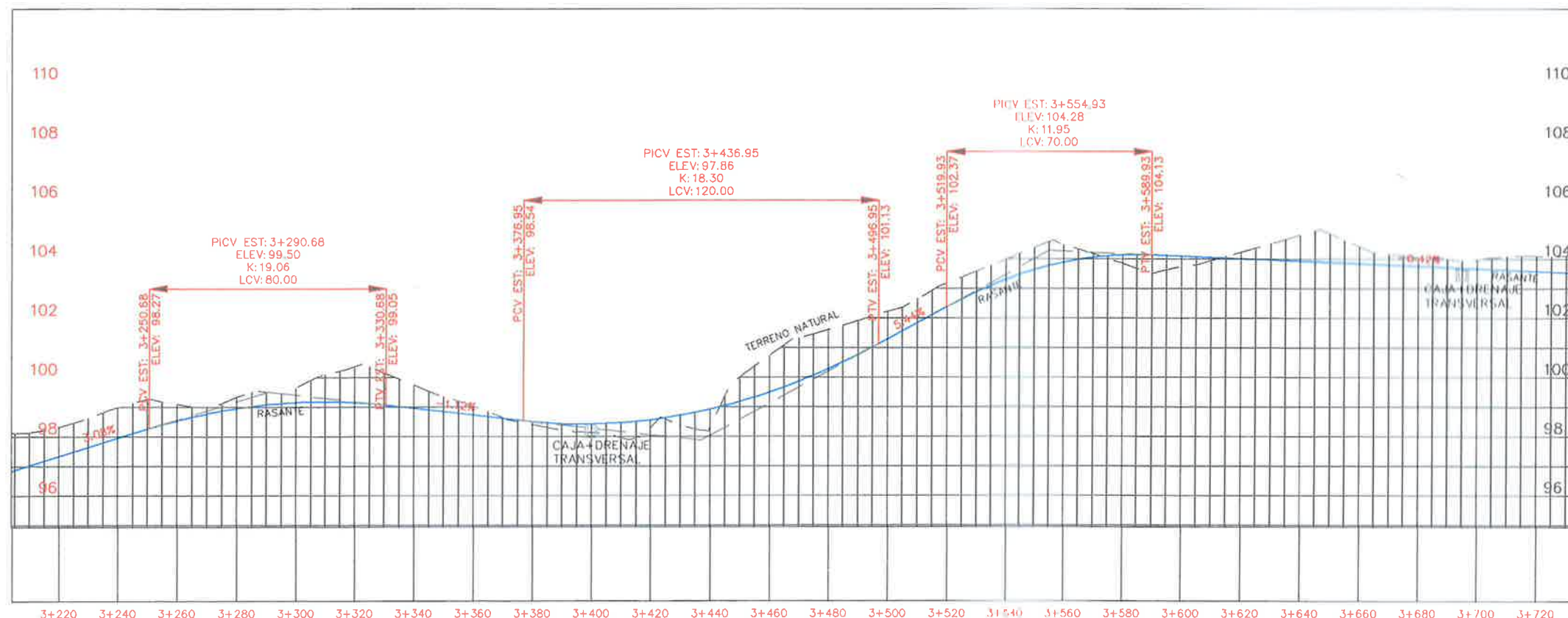
SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA DRENAJE TRANSVERSAL
	PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PUNTO DE INTERSECCION
	NUMERO DE CURVA
	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
	PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION
	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, F.P. PROYECTO PROFESIONAL IMPARTIDO		
PROYECTO:		
CALLE ADJORNADA AL DIA CHILLAM, MUNICIPIO DE, PROYECTO		
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BARRON HERNANDEZ CARRER: 101010001		
CONTENIDO:		
PLANTA + PERFIL EST. 2+680 - 3+200		
VUELTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
FECHA:	FECHA:	8/18
FECHA:	FECHA:	



PLANTA EST. 3+220.00 - 3+720.00
ESCALA 1:1200

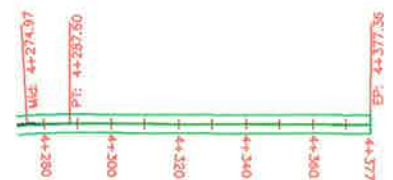


PERFIL EST. 3+220.00 - 3+720.00
ESCALA H 1:1500
ESCALA V 1:500

SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA-DRENAJE TRANSVERSAL
	PC PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PT PRINCIPIO DE TANGENCIA
	MD=PI PUNTO DE INTERSECCION
	C-1 NUMERO DE CURVA
	PCV PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PTV PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PICV PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION
	LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEVACION

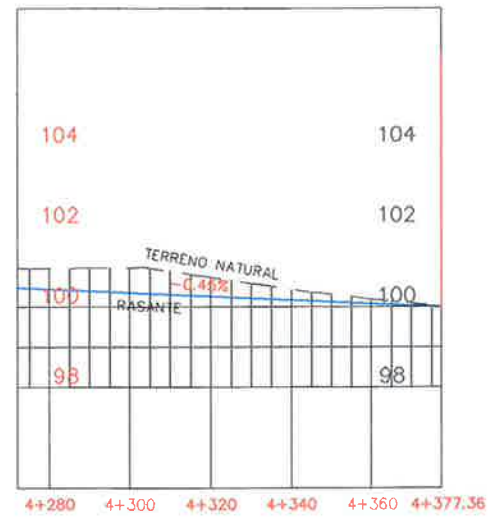


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		
CALLE ADOSQUINADA ALDEA CHILLAN		
DIRECCION DEL PROYECTO		
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORROR HERNANDEZ CARNE: 201213251		
CONTENIDO:		
PLANTA + PERFIL EST. 3+220 - 3+720		
VABB. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
FECHA		9
FEBRERO		
ESCALA		18
INDICADA		
HOJA		

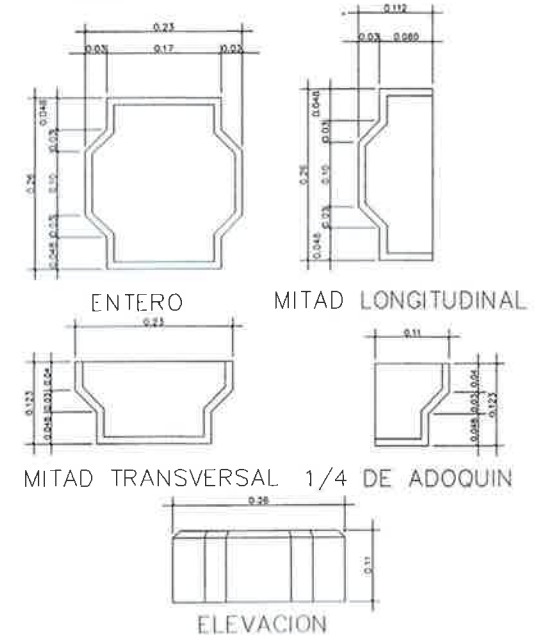


PLANTA EST. 4+280.00 - 4+377.36
ESCALA 1:1000

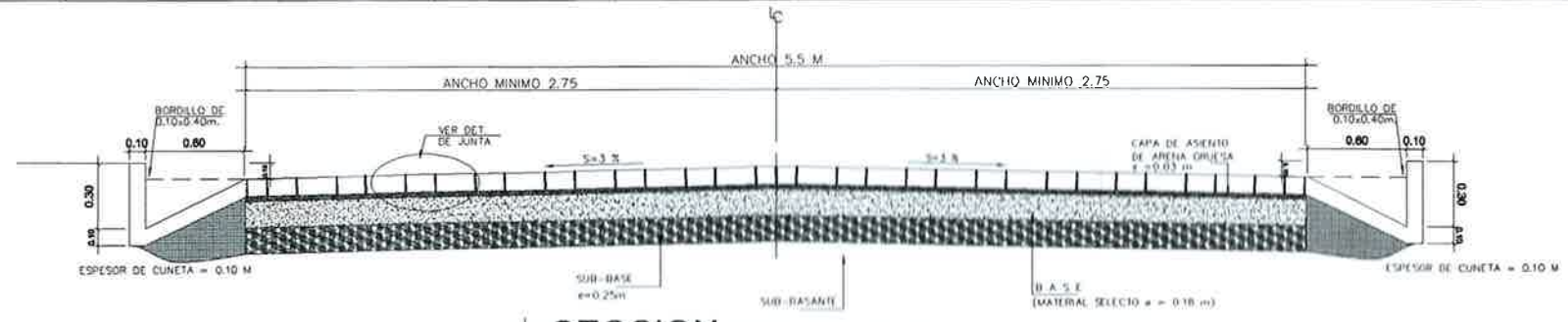
SIMBOLOGIA DE CARRETERA	
	CAJA-DRENAJE TRANSVERSAL
	PC PRINCIPIO DE CURVA
	CALLE EXISTENTE
	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
	PT PRINCIPIO DE TANGENCIA
	PI PUNTO DE INTERSECCION
	C-1 NUMERO DE CURVA
	PCV PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PTV PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PICV PUNTO DE INTERSECCION DE CURVA VERTICAL
	ELEV ELEVACION
	LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	ELEV ELEVACION



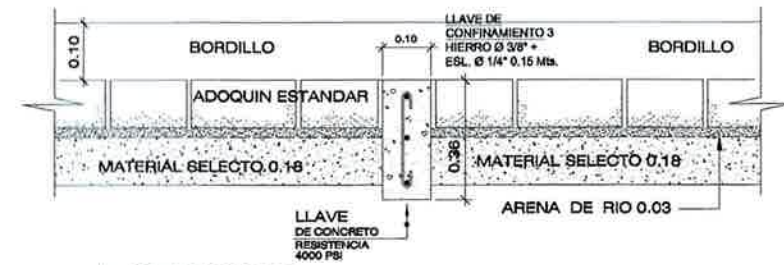
PERFIL EST. 4 + 280.00 - 4 + 377.36
ESCALA H 1:1600
ESCALA V 1:500



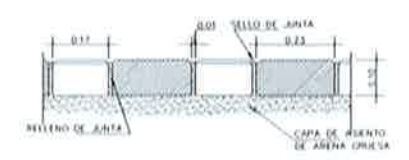
DETALLES DE ADOQUIN
ESCALA 1:5



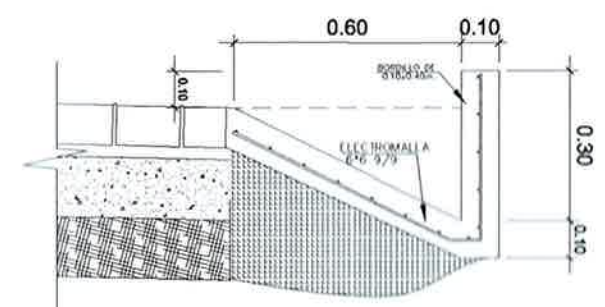
SECCION TIPICA DE CALLE ADOQUINADA
ESCALA 1:20



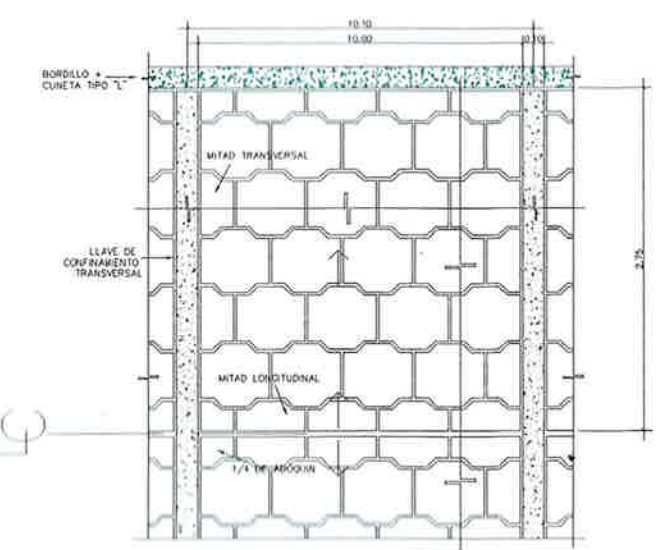
SECCION DE LLAVE DE CONFINAMIENTO
ESCALA 1:10



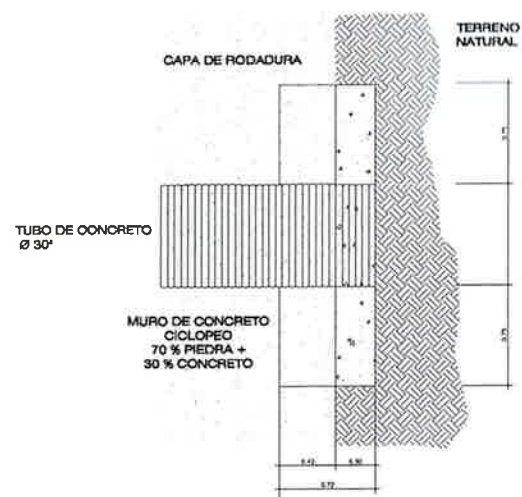
DETALLE DE JUNTA ENTRE ADOQUIN
ESCALA 1:10



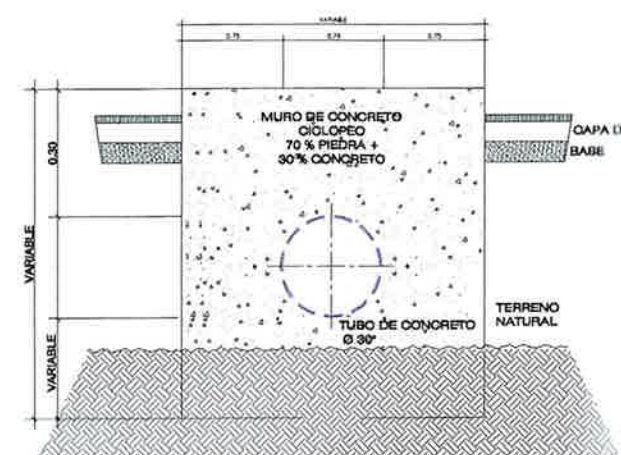
DETALLE DE BORDILLO CUNETA
ESCALA 1:20



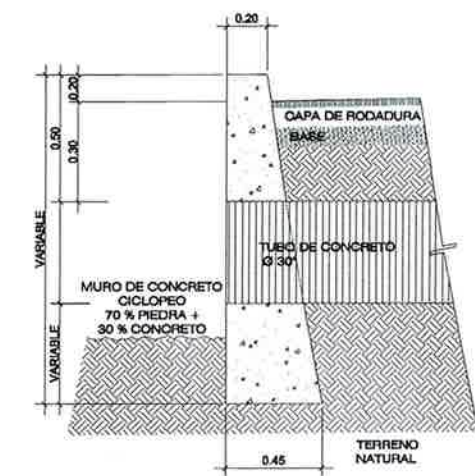
DETALLE LLAVES DE CONFINAMIENTO
ESCALA 1:10



PLANTA CABEZAL
ESCALA 1:25



ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1:20

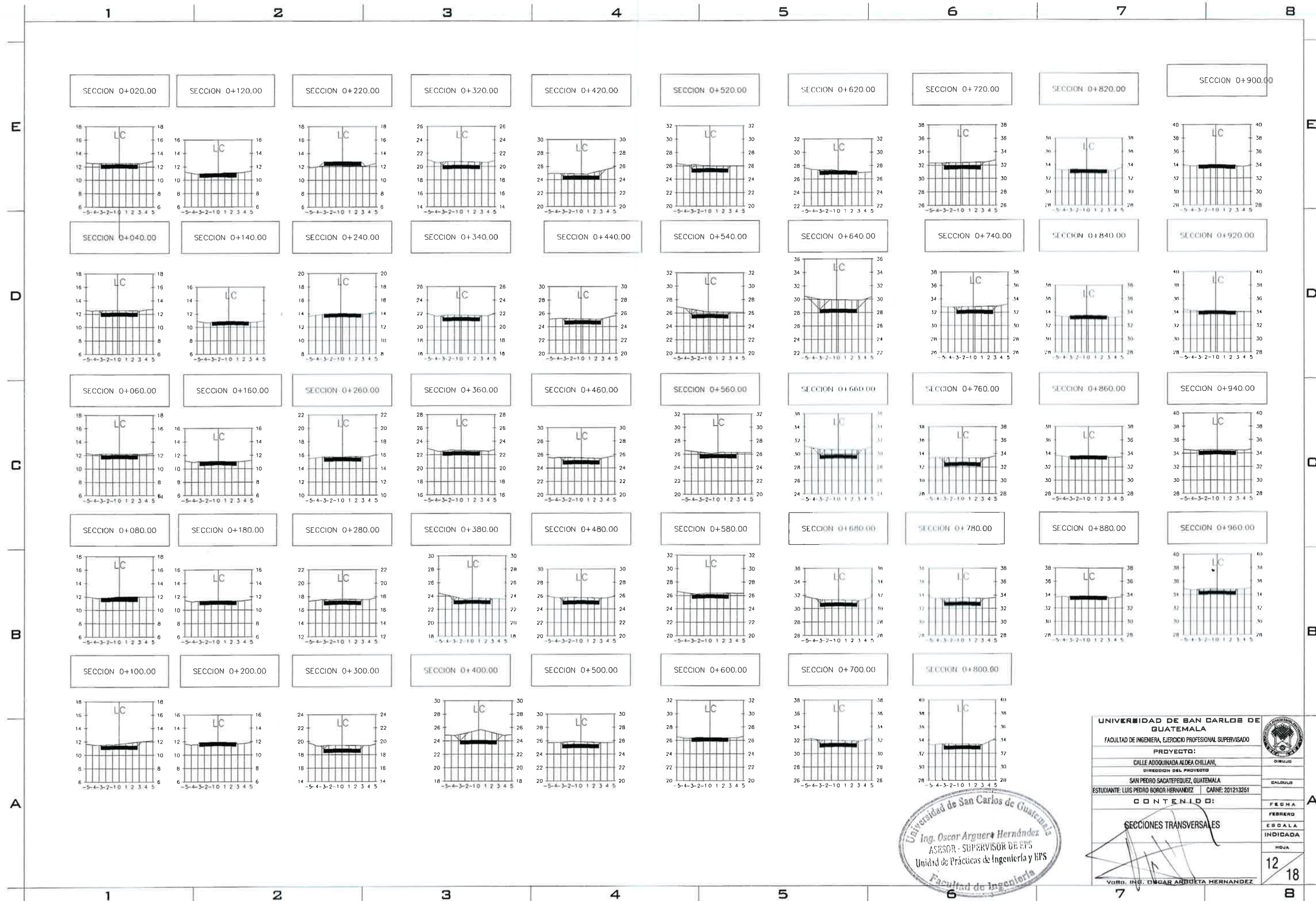


ELEVACION LATERAL
ESCALA 1:25

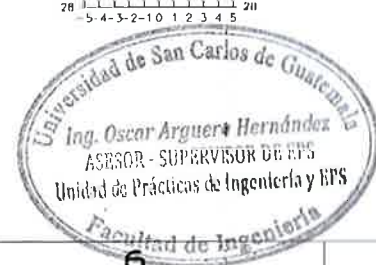
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO:	
CALLE ADOQUINADA ALDEA CHILLAN	
DIRECCION DEL PROYECTO	
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORDON HERNANDEZ	
CARNE: 201213251	
CONTENIDO:	
PLANTA + PERFIL EST. 4+280 - 4+377	
DETALLE DE ADOQUINAMIENTO	
VORO. ING. ODDAR ARGUETA HERNANDEZ	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	
CALLE ADOQUINADA ALDEA CHILLAN	
DIRECCION DEL PROYECTO	
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORDON HERNANDEZ	
CARNE: 201213251	
CONTENIDO:	
PLANTA + PERFIL EST. 4+280 - 4+377	
DETALLE DE ADOQUINAMIENTO	
VORO. ING. ODDAR ARGUETA HERNANDEZ	



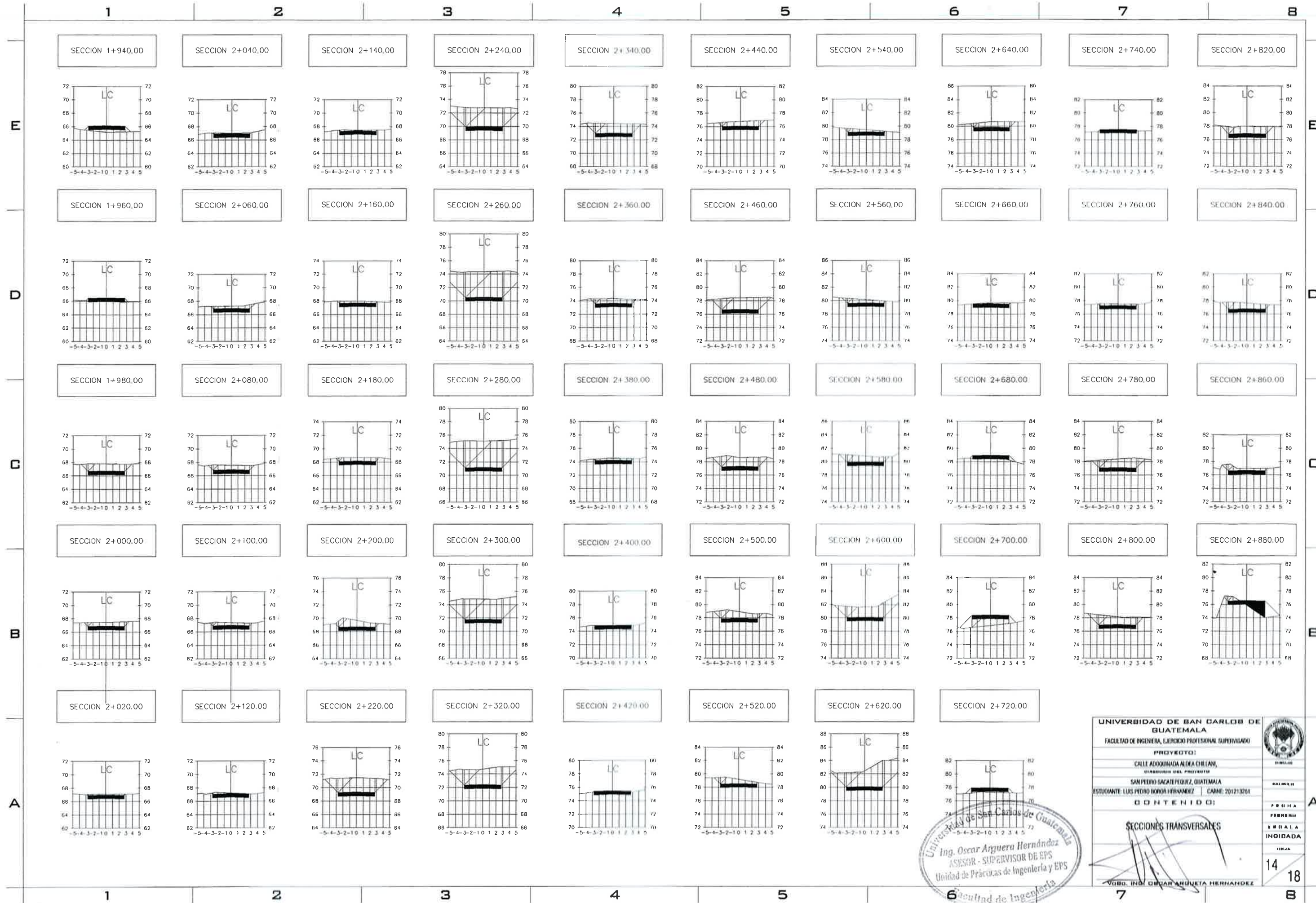
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		
CALLE ADORNADA ALDEA CHILANI		
DIRECCION DEL PROYECTO		
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BORROR HERNANDEZ	CARNE: 201213251	
CONTENIDO:		
SECCIONES TRANSVERSALES		
VOTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
FECHA	FEBRERO	
ESCALA	INDICADA	
HOJA	12	18





Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguero Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL RUPITIVADO PROYECTO: CALLE ADORNADA AL DIA CHILAM, DISTRITO DEL PROYECTO RAN PIEDRO BACATIMOL, QUATEMALA ESTUDIANTE: LUIS PEDRO DOMINIC HERNANDEZ / CARNE: 201218201		
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES		FECHA FEBRERO ESCALA INDICADA HOJA 13 / 18



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO PROYECTO: CALLE ADJORNADA ALBA CHILANI, CIRCUITO DEL PROYECTO SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BARRERA HERNANDEZ CARNE: 201213261		
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES		
VOTO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ		
14 18		

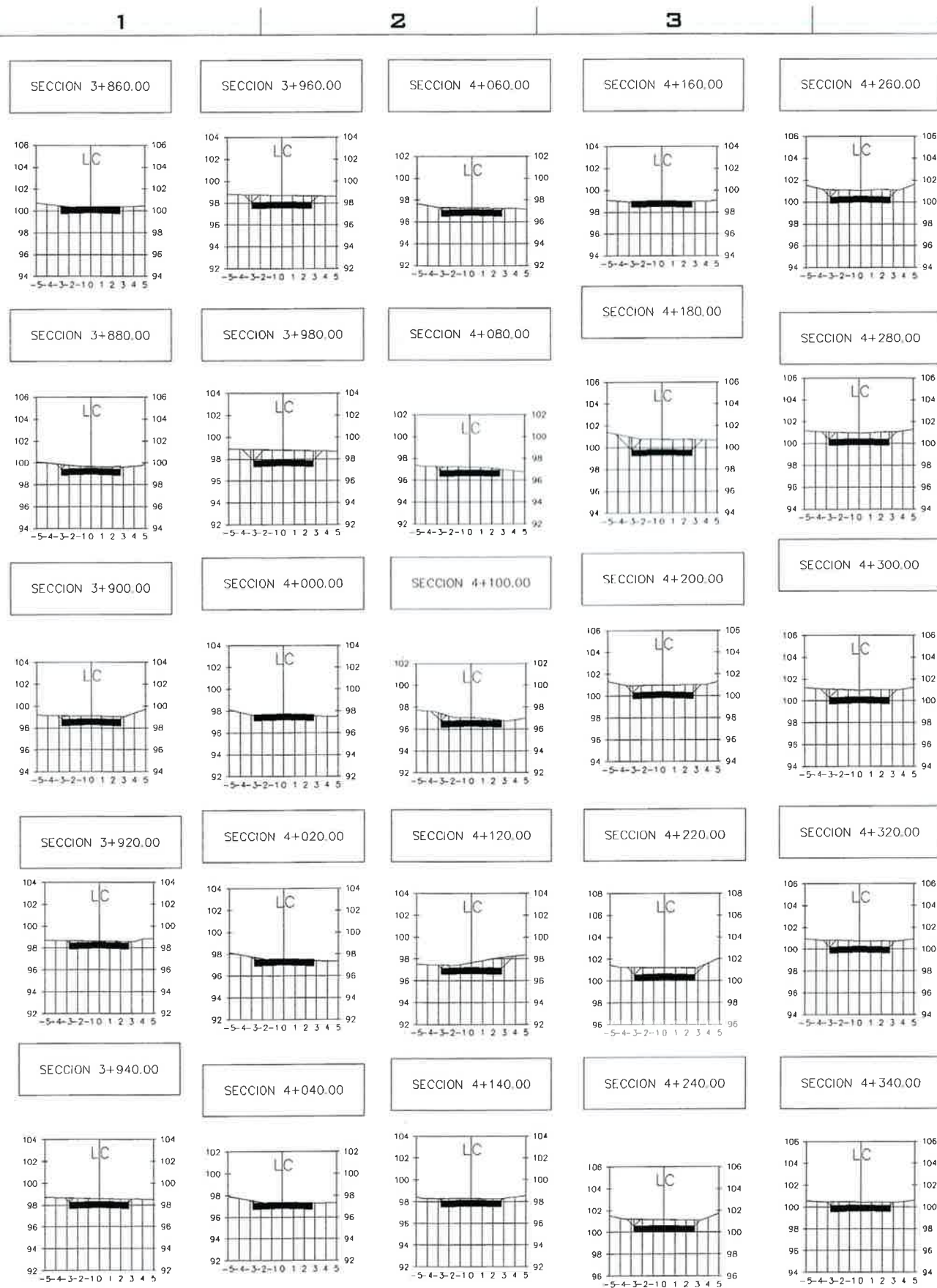


TABLA DE MATERIALES					
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
0+020.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.00	1.69	0.00	26.33	26.33
0+060.00	0.00	0.80	0.00	24.95	51.28
0+080.00	0.02	0.58	0.23	13.58	64.81
0+100.00	0.00	1.49	0.23	20.55	85.36
0+120.00	0.01	0.23	0.09	18.95	102.31
0+140.00	0.67	0.80	6.32	3.34	104.64
0+160.00	0.26	0.60	8.78	0.03	104.68
0+180.00	0.28	0.01	5.34	0.14	104.82
0+200.00	1.26	0.00	15.40	0.11	104.93
0+220.00	3.50	0.00	47.61	0.00	104.93
0+240.00	0.53	0.80	48.29	0.00	104.93
0+260.00	0.00	0.52	5.30	5.16	110.09
0+280.00	0.00	1.21	0.00	17.26	127.37
0+300.00	0.00	2.93	0.00	41.44	168.81
0+320.00	0.00	2.69	0.00	56.18	224.98
0+340.00	0.00	1.71	0.00	43.96	268.94
0+360.00	0.00	0.82	0.00	25.32	294.26
0+380.00	0.00	1.71	0.00	25.33	319.60
0+400.00	0.00	7.03	0.00	87.36	406.97

TABLA DE MATERIALES					
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
0+420.00	0.00	1.93	0.00	89.45	498.42
0+440.00	0.00	1.29	0.00	32.11	530.53
0+460.00	0.00	2.09	0.00	33.88	564.41
0+480.00	0.00	2.42	0.00	45.13	609.54
0+500.00	0.00	1.88	0.00	42.98	652.52
0+520.00	0.00	2.47	0.00	43.51	696.03
0+540.00	0.00	2.49	0.00	49.55	745.58
0+560.00	0.00	1.37	0.00	38.55	784.13
0+580.00	0.00	0.96	0.00	23.25	807.38
0+600.00	0.00	0.10	0.01	10.60	817.98
0+620.00	0.31	0.28	2.85	4.05	822.03
0+640.00	0.00	7.69	3.09	79.68	899.72
0+660.00	0.00	4.24	0.00	119.33	1019.05
0+680.00	0.00	2.24	0.00	64.85	1083.90
0+700.00	0.00	2.27	0.00	45.14	1129.04
0+720.00	0.00	2.44	0.00	47.06	1176.10
0+740.00	0.00	2.82	0.00	57.59	1233.69
0+760.00	0.00	3.57	0.00	63.98	1297.67
0+780.00	0.00	3.01	0.00	65.87	1363.54
0+800.00	0.00	1.50	0.00	43.04	1406.58

TABLA DE MATERIALES					
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
0+820.00	0.31	0.07	3.12	13.68	138.65
0+840.00	0.94	0.00	12.58	0.66	151.23
0+860.00	1.21	0.00	21.54	0.00	172.77
0+880.00	1.29	0.00	24.95	0.00	197.72
0+900.00	0.74	0.00	20.23	0.00	217.95
0+920.00	0.15	0.03	8.90	0.25	226.05
0+940.00	0.00	0.89	1.50	9.16	228.35
0+960.00	0.00	1.60	0.00	24.94	228.35
0+980.00	0.00	1.84	0.00	34.41	228.35
1+000.00	0.00	1.39	0.00	32.32	228.35
1+020.00	0.00	1.50	0.00	28.95	228.35
1+040.00	0.00	1.49	0.00	29.88	228.35
1+060.00	0.00	1.48	0.00	29.67	228.35
1+080.00	0.00	1.40	0.00	28.86	228.35
1+100.00	0.00	1.02	0.00	24.22	228.35
1+120.00	0.00	0.84	0.00	18.62	228.35
1+140.00	0.00	0.87	0.00	17.13	228.35
1+160.00	0.00	3.24	0.00	41.05	228.35
1+180.00	0.00	1.41	0.00	48.49	228.35
1+200.00	0.00	0.29	0.00	16.99	228.35



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:		DISEÑO
CALLE ADQUINADA ALDEA CHILLANI,		
DIRECCION DEL PROYECTO		CALCULO
SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
ESTUDIANTE: LUIS PEDRO BOROR HERNANDEZ		FECHA
CARNE: 201213251		
CONTENIDO:		ESCALA
SECCIONES TRANSVERSALES +		
TABLA DE MATERIALES		INDICADA
VBO. INDICAR ARGUETA HERNANDEZ		
16		18

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
1+220.00	2.05	0.00	20.53	2.85	248.89	1801.72
1+240.00	3.92	0.00	59.72	0.00	308.61	1801.72
1+260.00	4.89	0.00	88.16	0.00	396.77	1801.72
1+280.00	5.40	0.00	102.98	0.00	499.75	1801.72
1+300.00	8.66	0.00	120.63	0.00	620.38	1801.72
1+320.00	8.36	0.00	130.17	0.00	750.55	1801.72
1+340.00	4.72	0.00	110.74	0.00	861.29	1801.72
1+360.00	1.23	0.00	59.53	0.01	920.82	1801.73
1+380.00	0.00	1.17	12.32	31.68	933.14	1813.41
1+400.00	0.00	1.41	0.00	25.80	933.14	1839.21
1+420.00	0.00	0.25	0.00	16.61	933.14	1855.82
1+440.00	0.64	0.00	6.39	2.51	939.51	1856.33
1+460.00	1.65	0.00	22.85	0.01	962.39	1856.35
1+480.00	1.55	0.00	31.96	0.00	994.34	1856.35
1+500.00	0.88	0.00	24.27	0.00	1018.61	1856.35
1+520.00	0.20	0.00	10.75	0.00	1029.36	1856.35
1+540.00	0.00	0.48	1.96	4.79	1031.32	1863.14
1+560.00	0.00	1.38	0.00	18.56	1031.32	1881.70
1+580.00	0.00	2.59	0.00	36.88	1031.32	1921.38
1+600.00	0.00	2.34	0.00	49.32	1031.32	1970.70

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
2+420.00	0.99	0.00	9.97	1.74	1192.58	5731.40
2+440.00	0.00	3.90	9.90	39.00	1202.49	5770.40
2+460.00	0.00	9.81	0.00	135.10	1202.49	5905.50
2+480.00	0.00	7.81	0.00	174.22	1202.49	6079.73
2+500.00	0.00	5.53	0.00	133.46	1202.49	6213.18
2+520.00	0.00	3.60	0.00	91.48	1202.49	6304.66
2+540.00	0.00	1.68	0.00	52.92	1202.49	6357.58
2+560.00	0.00	2.83	0.00	45.06	1202.49	6402.64
2+580.00	0.00	4.95	0.00	77.73	1202.49	6480.38
2+600.00	0.00	8.97	0.00	139.10	1202.49	6619.48
2+620.00	0.00	14.75	0.00	237.17	1202.49	6856.65
2+640.00	0.00	4.16	0.00	189.10	1202.49	7045.74
2+660.00	0.00	0.85	0.00	48.10	1202.49	7093.85
2+680.00	2.58	0.00	25.74	6.52	1228.23	7100.37
2+700.00	8.57	0.00	111.56	0.00	1339.79	7100.37
2+720.00	3.85	0.00	124.00	0.00	1463.79	7100.37
2+740.00	1.22	0.00	50.67	0.00	1514.46	7100.37
2+760.00	0.00	1.34	12.24	13.44	1526.70	7113.81
2+780.00	0.00	7.12	0.00	84.56	1526.70	7198.37
2+800.00	0.00	5.75	0.00	138.68	1526.70	7337.04

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
3+620.00	0.00	1.40	15.27	13.98	1939.82	9712.22
3+640.00	0.00	4.96	0.00	63.60	1939.82	9775.82
3+660.00	0.00	3.50	0.00	84.66	1939.82	9860.48
3+680.00	0.00	1.76	0.00	52.48	1939.82	9912.96
3+700.00	0.00	2.07	0.00	38.24	1939.82	9951.20
3+720.00	0.00	2.63	0.00	47.18	1939.82	9998.39
3+740.00	0.00	3.77	0.00	64.06	1939.82	10062.45
3+760.00	0.00	4.64	0.00	84.13	1939.82	10146.58
3+780.00	0.00	4.25	0.00	88.90	1939.82	10235.48
3+800.00	0.00	4.15	0.00	84.01	1939.82	10319.49
3+820.00	0.00	1.32	0.00	54.68	1939.82	10374.18
3+840.00	0.67	0.00	6.60	13.17	1946.49	10387.34
3+860.00	0.07	0.15	7.40	1.45	1953.09	10388.80
3+880.00	0.00	1.19	0.72	13.35	1954.82	10402.15
3+900.00	0.00	1.55	0.00	27.44	1954.82	10429.59
3+920.00	0.00	0.88	0.00	22.09	1954.82	10451.68
3+940.00	0.00	1.60	0.00	22.54	1954.82	10474.21
3+960.00	0.00	3.35	0.00	49.51	1954.82	10523.72
3+980.00	0.00	5.10	0.00	84.55	1954.82	10608.27
4+000.00	0.97	0.00	9.70	51.02	1964.31	10659.29

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
1+620.00	0.00	1.71	0.00	40.56	1031.32	2011.26
1+640.00	0.00	2.36	0.00	40.72	1031.32	2051.98
1+660.00	0.00	3.94	0.00	63.00	1031.32	2114.99
1+680.00	0.00	5.83	0.00	97.74	1031.32	2212.73
1+700.00	0.00	5.15	0.00	109.81	1031.32	2322.53
1+720.00	0.00	4.48	0.00	96.23	1031.32	2418.76
1+740.00	0.00	3.02	0.00	74.93	1031.32	2493.70
1+760.00	0.00	0.64	0.00	36.57	1031.32	2530.27
1+780.00	0.15	0.01	1.48	6.48	1032.80	2536.75
1+800.00	0.00	0.21	1.48	2.18	1034.29	2536.93
1+820.00	0.00	0.65	0.00	8.57	1034.29	2547.51
1+840.00	0.00	1.96	0.00	26.02	1034.29	2573.53
1+860.00	0.00	2.72	0.00	46.60	1034.29	2620.13
1+880.00	0.00	3.89	0.00	66.06	1034.29	2686.19
1+900.00	0.00	5.07	0.00	89.60	1034.29	2775.80
1+920.00	0.00	2.42	0.00	74.90	1034.29	2850.70
1+940.00	4.77	0.00	47.70	24.18	1081.98	2874.87
1+960.00	2.64	0.00	74.14	0.00	1156.12	2874.87
1+980.00	0.00	5.92	26.43	59.18	1182.56	2934.05
2+000.00	0.00	3.17	0.00	90.84	1182.56	3024.89

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
2+820.00	0.00	5.92	0.00	126.68	1526.70	7463.72
2+840.00	0.00	4.80	0.00	107.11	1526.70	7570.83
2+860.00	0.00	2.33	0.00	70.95	1526.70	7641.78
2+880.00	4.89	0.82	49.32	31.36	1576.02	7673.13
2+900.00	0.00	0.83	46.71	15.09	1622.73	7688.23
2+920.00	3.44	0.00	34.63	6.32	1657.36	7694.55
2+940.00	0.00	1.69	34.53	16.94	1691.89	7711.49
2+960.00	0.47	0.17	4.79	18.50	1696.68	7729.99
2+980.00	1.48	0.00	19.43	1.72	1716.11	7731.71
3+000.00	0.68	0.05	21.33	0.45	1737.44	7732.16
3+020.00	0.00	2.81	6.56	28.52	1744.01	7760.68
3+040.00	0.00	5.32	0.00	81.23	1744.01	7841.91
3+060.00	0.00	5.23	0.00	105.50	1744.01	7947.42
3+080.00	0.00	4.43	0.00	98.63	1744.01	8044.05
3+100.00	0.00	2.16	0.00	65.83	1744.01	8109.88
3+120.00	0.00	0.98	0.00	31.32	1744.01	8141.19
3+140.00	0.00	1.41	0.00	23.85	1744.01	8165.04
3+160.00	0.00	1.91	0.00	33.23	1744.01	8198.27
3+180.00	0.00	2.68	0.00	45.75	1744.01	8244.02
3+200.00	0.00	7.07	0.00	97.35	1744.01	8341.37

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
4+020.00	0.66	0.13	16.36	1.28	1964.31	10660.57
4+040.00	0.13	0.11	7.96	2.37	1964.31	10662.94
4+060.00	0.00	0.87	1.50	9.77	1964.31	10672.72
4+080.00	0.00	1.50	0.00	21.68	1964.31	10694.39
4+100.00	0.00	1.49	0.00	22.98	1964.31	10717.37
4+120.00	0.00	2.76	0.00	42.20	1964.31	10759.57
4+140.00	0.00	0.94	0.00	36.40	1964.31	10795.97
4+160.00	0.40	0.00	4.04	9.39	1964.31	10814.36
4+180.00	0.00	5.26	4.02	52.57	1964.31	10866.94
4+200.00	0.00	3.53	0.00	87.89	1964.31	10954.83
4+220.00	0.00	3.30	0.00	68.24	1964.31	11023.07
4+240.00	0.00	3.13	0.00	64.25	1964.31	11087.32
4+260.00	0.00	3.27	0.00	64.01	1964.31	11151.33
4+280.00	0.00	3.24	0.00	65.15	1964.31	11216.48
4+300.00	0.00	3.78	0.00	70.23	1964.31	11286.71
4+320.00	0.00	2.90	0.00	68.82	1964.31	11355.53
4+340.00	0.00	1.65	0.00	45.53	1964.31	11399.05
4+360.00	0.00	0.93	0.00	25.81	1964.31	11424.87

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
2+020.00	0.00	0.78	0.00	39.28	1182.56	3064.17
2+040.00	0.00	0.54	0.00	13.03	1182.56	3077.20
2+060.00	0.00	2.04	0.00	25.95	1182.56	3103.16
2+080.00	0.00	3.84	0.00	58.83	1182.56	3161.99
2+100.00	0.00	2.38	0.00	62.24	1182.56	3224.22
2+120.00	0.00	0.55	0.00	29.29	1182.56	3253.51
2+140.00	0.00	0.66	0.00	12.24	1182.56	3265.76
2+160.00	0.00	1.43	0.00	21.03	1182.56	3286.79
2+180.00	0.00	2.72	0.00	41.47	1182.56	3328.26
2+200.00	0.00	5.15	0.00	79.00	1182.56	3407.26
2+220.00	0.00	11.65	0.00	168.09	1182.56	3575.34
2+240.00	0.00	15.76	0.00	274.05	1182.56	3849.39
2+260.00	0.00	21.08	0.00	368.33	1182.56	4217.72
2+280.00	0.00	21.92	0.00	429.95	1182.56	4647.67
2+300.00	0.00	16.87	0.00	387.90	1182.56	5035.57
2+320.00	0.00	13.15	0.00	300.14	1182.56	5335.71
2+340.00	0.00	7.89	0.00	210.40	1182.56	5546.10
2+360.00	0.00	3.71	0.00	115.98	1182.56	5662.08
2+380.00	0.00	1.44	0.00	51.43	1182.56	5713.52
2+400.00	0.01	0.17	0.06	16.14	1182.62	5729.66

TABLA DE MATERIALES						
ESTACION	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO
3+220.00	0.00	5.94	0.00	179.98	1744.01	8471.35
3+240.00	0.00	5.76	0.00	116.79	1744.01	8588.14
3+260.00	0.00	3.21	0.00	89.92	1744.01	8678.05
3+280.00	0.00	1.64	0.00	48.37	1744.01	8726.43
3+300.00	0.00	3.03	0.00	46.70	1744.01	8773.13
3+320.00	0.00	6.90	0.00	99.23	1744.01	8872.36
3+340.00	0.00	4.59	0.00	114.86	1744.01	8987.22
3+350.00	0.00	1.81	0.00	84.03	1744.01	9051.25
3+380.00	0.49	0.00	4.91	18.13	1748.92	9069.38
3+400.00	1.50	0.00	19.90	0.00	1768.82	9069.38
3+420.00	1.40	0.00	28.88	0.00	1797.70	9069.38
3+440.00	3.28	0.00	46.68	0.00	1844.38	9069.38
3+460.00	0.00	6.83	32.96	88.31	1877.34	9137.68
3+480.00	0.00	7.42	0.00	142.47	1877.34	9280.15
3+500.00	0.00	5.14	0.00	125.61	1877.34	9405.76
3+520.00	0.00	4.38	0.00	95.01	1877.34	9500.76
3+540.00	0.00	3.99	0.00	83.56	1877.34	9584.32
3+560.00	0.00	3.70	0.00	70.94	1877.34	9681.26
3+580.00	1.59	0.00	15.91	37.00	1895.27	9698.26
3+600.00	1.53	0.00	31.27	0.00	1924.24	9698.26

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
No. CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
C1	N40° 58' 29"W	10° 15' 31"	200.00	17.95	35.81	35.76	0.80	0.80	0+074.93	0+056.98	0+092.79	3056.57	2950.87
C2	N51° 13' 59"W	22° 58' 18"	35.39	7.19	14.19	14.09	0.72	0.71	0+110.76	0+103.57	0+117.76	3079.07	2922.85
C3	N28° 15' 41"W	6° 51' 22"	200.00	11.98	23.93	23.92	0.36	0.36	0+131.45	0+119.47	0+143.40	3097.46	2912.97
C4	N35° 07' 04"W	1° 46' 24"	200.00	3.10	6.19	6.19	0.02	0.02	0+326.56	0+323.46	0+329.65	3257.07	2800.71
C5	N36° 53' 28"W	32° 31' 24"	68.40	19.95	38.82	38.31	2.85	2.74	0+429.85	0+409.90	0+448.72	3339.69	2738.71
C6	N4° 22' 04"W	4° 30' 29"	200.00	7.87	15.74	15.73	0.15	0.15	0+478.65	0+470.78	0+486.51	3389.42	2734.91
C7	N8° 52' 32"W	14° 16' 51"	200.00	25.05	49.85	49.72	1.56	1.55	0+514.07	0+489.02	0+538.86	3424.42	2729.44
C8	N23° 09' 23"W	8° 20' 22"	73.85	5.38	10.75	10.74	0.20	0.20	0+603.84	0+598.45	0+609.20	3507.20	2694.04
C9	N31° 29' 45"W	52° 18' 54"	6.58	3.23	6.01	5.80	0.75	0.67	0+617.28	0+614.05	0+620.05	3518.67	2687.01
C10	N20° 49' 08"E	6° 14' 22"	200.00	10.90	21.78	21.77	0.30	0.30	0+632.81	0+621.91	0+643.69	3533.62	2692.69
C11	N14° 34' 46"E	1° 31' 30"	200.00	2.66	5.32	5.32	0.02	0.02	0+709.78	0+707.12	0+712.44	3608.13	2712.07
C12	N16° 06' 16"E	11° 42' 36"	75.15	7.71	15.36	15.33	0.39	0.39	0+769.54	0+761.83	0+777.19	3665.54	2728.65
C13	N27° 48' 52"E	37° 49' 22"	18.00	6.17	11.88	11.67	1.03	0.97	0+788.75	0+782.58	0+794.46	3682.58	2737.64
C14	N10° 00' 30"W	8° 46' 16"	200.00	15.34	30.62	30.59	0.59	0.59	0+824.47	0+809.13	0+839.75	3718.20	2731.35
C15	N18° 46' 46"W	8° 49' 12"	200.00	15.42	30.79	30.76	0.59	0.59	0+885.29	0+869.87	0+900.65	3775.84	2711.75
C16	N9° 57' 34"W	10° 35' 39"	200.00	18.54	36.98	36.93	0.86	0.85	0+981.15	0+962.61	0+999.59	3870.32	2695.16
C17	N20° 33' 13"W	20° 33' 13"	200.00	36.26	71.75	71.36	3.26	3.21	1+159.71	1+123.45	1+195.19	4037.61	2632.43
C18	N0° 00' 00"E	32° 46' 29"	78.85	23.19	45.10	44.49	3.34	3.20	1+253.16	1+229.97	1+275.08	4131.84	2632.43
C19	N32° 46' 29"W	12° 01' 33"	200.00	21.07	41.98	41.90	1.11	1.10	1+334.39	1+313.32	1+355.30	4201.21	2587.77
C20	N20° 44' 56"W	13° 07' 46"	200.00	23.02	45.83	45.73	1.32	1.31	1+403.43	1+380.41	1+426.24	4265.91	2563.26
C21	N33° 52' 42"W	1° 59' 19"	200.00	3.47	6.94	6.94	0.03	0.03	1+514.48	1+511.01	1+517.95	4358.28	2501.24
C22	N31° 53' 24"W	9° 23' 14"	200.00	16.42	32.77	32.73	0.67	0.67	1+620.53	1+604.11	1+636.88	4448.32	2445.22
C23	N41° 16' 38"W	25° 13' 22"	200.00	44.75	88.04	87.34	4.94	4.83	1+737.21	1+692.47	1+780.51	4536.07	2368.19
C24	N16° 03' 15"W	29° 12' 37"	76.51	19.94	39.00	38.58	2.55	2.47	1+862.79	1+842.85	1+881.86	4658.14	2333.07
C25	N13° 09' 22"E	9° 26' 47"	200.00	16.52	32.97	32.94	0.68	0.68	1+911.76	1+895.24	1+928.21	4706.67	2344.41
C26	N22° 36' 09"E	10° 04' 01"	200.00	17.62	35.14	35.10	0.77	0.77	2+019.40	2+001.78	2+036.92	4806.11	2385.81
C27	N12° 32' 07"E	50° 26' 27"	23.35	11.00	20.56	19.90	2.46	2.23	2+052.93	2+041.94	2+062.49	4838.94	2393.10
C28	N37° 54' 19"W	11° 33' 12"	62.57	6.33	12.62	12.60	0.32	0.32	2+124.65	2+118.32	2+130.94	4896.66	2348.16
C29	N49° 27' 32"W	14° 54' 45"	34.35	4.50	8.94	8.91	0.29	0.29	2+143.34	2+138.84	2+147.78	4908.83	2333.93
C30	N64° 22' 16"W	16° 31' 22"	41.06	5.96	11.84	11.80	0.43	0.43	2+181.67	2+175.71	2+187.55	4925.44	2299.32
C31	N47° 50' 54"W	9° 43' 51"	42.02	3.58	7.14	7.13	0.15	0.15	2+196.49	2+192.92	2+200.05	4935.44	2288.27
C32	N38° 07' 03"W	8° 35' 24"	51.67	3.88	7.75	7.74	0.15	0.15	2+209.75	2+205.87	2+213.62	4945.88	2280.08
C33	N29° 31' 40"W	16° 06' 15"	49.14	6.95	13.81	13.77	0.49	0.48	2+231.00	2+224.05	2+237.86	4964.58	2269.60
C34	N13° 25' 24"W	15° 45' 31"	52.75	7.30	14.51	14.46	0.50	0.50	2+271.90	2+264.60	2+279.11	5004.26	2260.08
C35	N2° 20' 07"E	15° 45' 52"	31.64	4.38	8.70	8.68	0.30	0.30	2+290.06	2+285.68	2+294.38	5022.49	2260.82
C36	N18° 05' 59"E	13° 40' 26"	200.00	23.98	47.73	47.62	1.43	1.42	2+369.91	2+345.93	2+393.66	5098.45	2285.65
C37	N4° 25' 32"E	9° 07' 31"	200.00	15.96	31.85	31.82	0.64	0.63	2+424.90	2+408.94	2+440.80	5153.50	2289.91

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
No. CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
C38	N13° 33' 03"E	4° 03' 26"	200.00	7.08	14.16	14.16	0.13	0.13	2+463.09	2+456.01	2+470.17	5190.69	2298.87
C39	N17° 36' 29"E	8° 55' 22"	200.00	15.60	31.15	31.11	0.61	0.61	2+521.30	2+505.70	2+536.84	5246.18	2316.48
C40	N26° 31' 51"E	0° 09' 38"	200.00	0.28	0.56	0.56	0.00	0.00	2+617.07	2+616.79	2+617.35	5331.92	2359.29
C41	N26° 22' 13"E	13° 46' 31"	200.00	24.16	48.08	47.97	1.45	1.44	2+677.43	2+653.27	2+701.35	5386.00	2386.10
C42	N40° 08' 43"E	29° 09' 34"	27.45	7.14	13.97	13.82	0.91	0.88	2+719.21	2+712.07	2+726.04	5418.11	2413.18
C43	N10° 59' 09"E	7° 51' 59"	200.00	13.75	27.46	27.44	0.47	0.47	2+760.21	2+746.46	2+773.91	5458.66	2421.06
C44	N18° 51' 08"E	29° 00' 06"	52.41	13.56	26.53	26.25	1.72	1.67	2+823.27	2+809.71	2+836.24	5518.38	2441.45
C45	N10° 08' 59"W	24° 38' 36"	37.24	8.13	16.02	15.89	0.88	0.86	2+856.58	2+848.44	2+864.46	5551.74	2435.48
C46	N34° 47' 34"W	34° 47' 34"	20.99	6.58	12.74	12.55	1.01	0.96	2+893.47	2+886.90	2+899.64	5582.25	2414.28
C47	N0° 00' 00"E	34° 38' 08"	30.05	9.37	18.17	17.89	1.43	1.36	2+909.51	2+900.14	2+918.30	5598.69	2414.28
C48	N34° 38' 08"E	33° 34' 19"	18.35	5.54	10.75	10.60	0.82	0.78	2+923.91	2+918.38	2+929.13	5611.02	2422.79
C49	N68° 12' 28"E	42° 11' 30"	19.92	7.68	14.67	14.34	1.43	1.33	2+945.94	2+938.25	2+952.92	5619.31	2443.54
C50	N26° 00' 58"E	13° 17' 54"	200.00	23.31	46.42	46.32	1.35	1.35	3+027.85	3+004.54	3+050.96	5693.55	2479.78
C51	N12° 43' 04"E	1° 41' 23"	200.00	2.95	5.90	5.90	0.02	0.02	3+091.67	3+088.72	3+094.62	5756.01	2493.87
C52	N14° 24' 27"E	21° 04' 55"	200.00	37.22	73.59	73.18	3.43	3.38	3+202.91	3+165.69	3+239.28	5863.75	2521.55
C53	N35° 29' 23"E	30° 40' 15"	38.70	10.61	20.71	20.47	1.43	1.38	3+265.81	3+255.20	3+275.92	5915.66	2558.56
C54	N4° 49' 07"E	18° 31' 03"	37.23	6.07	12.03	11.98	0.49	0.49	3+307.41	3+301.34	3+313.37	5957.61	2562.10
C55	N23° 20' 11"E	14° 58' 40"	27.70	3.64	7.24	7.22	0.24	0.24	3+322.48	3+318.84	3+326.08	5971.54	2568.11
C56	N38° 18' 51"E	15° 36' 39"	200.00	27.42	54.49	54.32	1.87	1.85	3+371.43	3+344.01	3+398.51	6009.99	2598.48
C57	N22° 42' 12"E	44° 20' 33"	18.00	7.34	13.93	13.59	1.44	1.33	3+413.18	3+405.84	3+419.77	6048.81	2614.73
C58	N21° 38' 21"W	114° 40' 13"	18.00	28.08	36.02	30.31	15.35	8.28	3+449.82	3+421.75	3+457.77	6083.56	2600.94
C59	S86° 58' 09"E	1° 17' 54"	200.00	2.27	4.53	4.53	0.01	0.01	3+556.49	3+554.23	3+558.76	6076.86	2727.56
C60	S88° 16' 02"E	32° 33' 45"	43.25	12.63	24.58	24.25	1.81	1.73	3+590.34	3+577.71	3+602.29	6075.84	2761.39
C61	N59° 10' 13"E	34° 20' 51"	38.78	11.98	23.25	22.90	1.81	1.73	3+681.61	3+669.63	3+692.88	6122.96	2840.35
C62	S86° 28' 56"E	18° 07' 27"	36.57	5.83	11.57	11.52	0.46	0.46	3+710.85	3+705.02	3+716.59	6121.12	2870.26
C63	N75° 23' 37"E	7° 05' 07"	56.52	3.50	6.99	6.99	0.11	0.11	3+725.34	3+721.84	3+728.83	6124.80	2884.37
C64	N82° 28' 44"E	12° 08' 42"	200.00	21.28	42.39	42.32	1.13	1.12	3+890.73	3+869.46	3+911.85	6146.45	3048.35
C65	S85° 22' 33"E	5° 01' 04"	200.00	8.76	17.52	17.51	0.19	0.19	3+924.91	3+916.15	3+933.66	6143.68	3082.58
C66	N89° 36' 23"E	18° 24' 09"	200.00	32.40	64.24	63.96	2.61	2.57	4+010.40	3+978.00	4+042.24	6144.27	3168.07
C67	N71° 12' 14"E	14° 22' 37"	200.00	25.22	50.18	50.05	1.58	1.57	4+077.19	4+051.96	4+102.15	6165.97	3231.82
C68	N85° 34' 50"E	29° 37' 58"	18.00	4.76	9.31	9.21	0.62	0.60	4+108.07	4+103.30	4+112.61	6168.37	3262.88
C69	S64° 47' 12"E	41° 13' 56"	18.00	6.77	12.95	12.68	1.23	1.15	4+124.69	4+117.92	4+130.87	6161.20	3278.11
C70	S23° 33' 16"E	34° 13' 49"	47.50	14.63	28.38	27.96	2.20	2.10	4+166.46	4+151.83	4+180.21	6122.37	3295.04
C71	S57° 47' 05"E	11° 15' 32"	200.00	19.71	39.30	39.24	0.97	0.96	4+208.33	4+188.62	4+227.92	6099.58	3331.21
C72	S46° 31' 33"E	4° 48' 43"	200.00	8.40	16.80	16.79	0.18	0.18	4+248.82	4+240.42	4+257.21	6071.64	3360.68
C73	S41° 42' 50"E	7° 14' 17"	200.00	12.65	25.27	25.25	0.40	0.40	4+274.98	4+262.33	4+287.60	6052.10	3378.10
C74	S34° 28' 33"E	0° 06' 43"	200.00	0.20	0.39	0.39	0.00	0.00	4+304.37	4+304.18	4+304.57	6027.85	3394.75